

# TESIS DOCTORAL

**EFFECTOS DE DOS MODELOS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA SOBRE EL SALTO VERTICAL, EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL, DURANTE UNA TEMPORADA EN JUGADORES JÓVENES DE FÚTBOL ATENDIENDO A LA CATEGORÍA Y PUESTO ESPECÍFICO**

**Doctorando:**

**D. Moisés Falces Prieto**

**Director de la tesis:**

**Dr. D. Eduardo Sáez de Villarreal Sáez**

**Universidad Pablo de Olavide (Sevilla)**



# **UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE**

**DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA**



## **TESIS DOCTORAL**

**EFFECTOS DE DOS MODELOS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA SOBRE  
EL SALTO VERTICAL, EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO Y LA  
COMPOSICIÓN CORPORAL, DURANTE UNA TEMPORADA EN  
JUGADORES JÓVENES DE FÚTBOL ATENDIENDO A LA CATEGORÍA Y  
PUESTO ESPECÍFICO**

**Línea de Investigación: Factores determinantes del rendimiento físico y deportivo**

**DIRECTOR DE LA TESIS:**

**Dr. D. Eduardo Sáez de Villarreal Sáez**

**DOCTORANDO:**

**D. Moisés Falces Prieto**

**BARCELONA, AGOSTO 2020**

# **UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE**

## **DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA**

### **TESIS DOCTORAL**

**EFFECTOS DE DOS MODELOS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA SOBRE  
EL SALTO VERTICAL, EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO Y LA  
COMPOSICIÓN CORPORAL, DURANTE UNA TEMPORADA EN  
JUGADORES JÓVENES DE FÚTBOL ATENDIENDO A LA CATEGORÍA Y  
PUESTO ESPECÍFICO**

**Línea de Investigación: Factores determinantes del rendimiento físico y deportivo**

**Tesis presentada por: D. Moisés Falces Prieto**

**Dirigida por: Dr. D. Eduardo Sáez de Villarreal Sáez**

**El Director**



**El Doctorando**





**EFFECTOS DE DOS MODELOS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA SOBRE  
EL SALTO VERTICAL, EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO Y LA  
COMPOSICIÓN CORPORAL, DURANTE UNA TEMPORADA EN  
JUGADORES JÓVENES DE FÚTBOL ATENDIENDO A LA CATEGORÍA Y  
PUESTO ESPECÍFICO**

**Línea de Investigación: Factores determinantes del rendimiento físico y deportivo**

**Moisés Falces Prieto**

**Departamento de Deporte e Informática**

**Universidad Pablo de Olavide**

**Sevilla, España**



## **Laberintos de Sentido**

*El laberinto es una analogía de la vida. No se trata de un enigma que hay que resolver, sino de un camino de sentido que hay que experimentar. El camino de un laberinto es circular y sinuoso, pero no tiene callejones sin salida. El centro está ahí, pero el camino nos conduce a través de un sinfín de vueltas y revueltas. Nunca estamos realmente perdidos, pero nunca vemos del todo adónde nos dirigimos. Es importante subrayar que debemos creer que siempre estamos siguiendo el camino correcto. En efecto, no existe ningún camino equivocado, pues todos los pasos que damos, todas las experiencias, nos enseñan algo sobre nuestra vida. Todos los pasos tienen sentido y confianza, a veces andamos cautelosamente, a veces sentimos la necesidad de detenernos a reflexionar y otras veces sentimos el deseo de retroceder. Es un camino sagrado de individualidad, y nadie más que uno mismo puede recorrerlo.*

*Alex Pattakos & Elaine Dundon  
Prisioneros de Nuestros Penstamientos*

## Agradecimientos

*“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa”*

*Mahatma Gandhi*

Con estas palabras, comienzo el apartado de agradecimientos para todas aquellas personas importantes, que han formado y forman parte de mi vida y que en mayor o menor medida han colaborado en esta Tesis Doctoral. Un trabajo que jamás pensé que llegaría a realizar y que me siento plenamente orgulloso de haberlo realizado. Sin duda ha sido un camino difícil, duro y con muchísimos sacrificios, que me ha enriquecido tanto en lo personal, como en lo profesional.

A mis padres Chari y Agustín y a mi hermana Beatriz. Cada día llego más lejos en la vida y debo reconocer que nada de esto sería posible sin el apoyo incondicional de mi querida familia. Recuerdo aquellos momentos difíciles que pasamos, porque nos enseñaron que debemos estar más juntos que nunca y brindarnos todo nuestro apoyo de corazón. Puedo decir orgullosamente, que a lo largo de mi vida he podido contar con el amor de una maravillosa madre, con las enseñanzas, la disciplina y el cariño de un gran padre y con la compañía y amor de mi querida hermana. Os quiero.

A mí mujer Celenia. Muchas gracias por tu apoyo en los buenos y sobre todo en los malos momentos, y porque después de una vida juntos sigues haciendo que me sienta afortunado de tenerte a mi lado. Nadie más que nosotros sabemos cada momento de nuestra historia y aquí seguimos. Mi fiel seguidora. Nos conocimos siendo niños y hoy en día somos una familia. Gracias por hacer que nos entendamos y enfrentar los problemas sin dejarnos llevar por malos momentos. Gracias por ser tolerante frente a mis actos y comprensiva ante mis temores. Perdón por todo el tiempo robado para poder realizar este y otros trabajos. Te quiero.

A la Universidad Pablo de Olavide. Esa institución que abrió sus puertas en septiembre de 2008 y que me permitió estudiar la carrera más bonita, Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Gracias a todos y cada uno de los compañeros de la promoción 2008-2013. Gracias a todos y cada uno de los profesores de los que tuve la suerte de recibir formación. En especial a mi director de tesis, *Eduardo Saéz de Villarreal*,

*Eddy*. Ese profesor norteno que estaba más fuerte que el vinagre. Se ha convertido en mi mentor y mi consejero. Gracias por tu apoyo y ánimo y por guiarme en este mundo de la investigación cómo sólo tu lo has hecho. Gracias por dedicar tu tiempo, tu responsabilidad y tus conocimientos siempre para sumar, haciendo todo fácil y con energía positiva. Espero que este trabajo esté a tú altura.

A la academia de alto rendimiento en fútbol Marcet. Porque esta institución se ha convertido en una parte importante de mi vida. Se ha convertido en mi hogar laboral desde que llegué a Barcelona en 2015. Gracias por permitirme llevar a cabo, con las mayores facilidades posibles, todas las investigaciones realizadas y la presente Tesis Doctoral. Gracias al presidente *Ignacio Marcet*, por ese trato lleno de confianza, ambición y humildad. Al director deportivo *Carlos Rivero*. Un auténtico currante del fútbol. Aunque los inicios de las relaciones siempre son difíciles, todo se estabiliza y mejora con el tiempo. Gracias por elegirme a mí y confiar en mi persona y mi trabajo. Gracias a todos y cada uno de los entrenadores y analistas que están y han pasado por la academia, pues todos me habéis aportado. Por último, gracias a todos los jugadores a los que he tenido la suerte de entrenar.

A todos mis compañeros que han formado parte del Departamento de Optimización del Rendimiento Físico e Investigación. Rodrigo Revilla, Alberto Muñoz, Adrián Benítez, Manuel Torres, Rubén Gómez, Aitor Fuster, Jesús Rodicio y Javier Iglesias. Os agradezco enormemente a todos y cada uno, los momentos que hemos pasado. Gracias por aguantar mis días buenos y malos. Disculpad por ser tan exigente. Espero haber aportado nuevos enfoques en vuestra vida, tanto a nivel laboral como personal. Sin ustedes, todo esto no hubiera sido posible.

Gracias a Alberto Martín, Álvaro Coca y Miguel Rodríguez. Os habéis convertido sin saberlo en grandes referentes profesionales. Gracias por contar conmigo para compartir vuestras inquietudes y proyectos, tanto personales como profesionales. Gracias por tantas y tantas horas de conversación en la que hemos arreglado el mundo en general y el fútbol en particular. Gracias a Francisco Tomás González. Nos conocimos de casualidad y desde entonces no hemos parado de colaborar. Gracias por tu ayuda y tus consejos en este mundo de la investigación.

Gracias a mis amigos Daniel Macías y Alejandro Moreno por estar desde el principio y seguir ahí. El tridente mágico, es mágico por ustedes.

Gracias a todos los entrenadores y preparadores físicos con los que he tenido la suerte de trabajar, de todos he aprendido algo que me ha ayudado a ser mejor profesional. Especialmente agradecido a mi vecino *Francisco García*, porque fuiste el primero en meterme el veneno de entrenar al fútbol cuando empezamos en el Colegio de La Sagrada Familia. Al místico *David Bohórquez*, por ser el primer entrenador que confió en mí como preparador físico y permitirme llevar a la práctica todo lo adquirido en mis años de formación. Por último, gracias a todos y cada uno de los clubes que me abrieron sus puertas para dejarme trabajar.

Porque no hay mal que por bien no venga. Este año 2020 siempre será recordado por la pandemia del Covid19. Numerosas pérdidas personales y desestabilización laboral. Creación de los famosos ERTES. Obviamente, también formé parte de esta “moda”. Aún así, aprendí a ver la oportunidad. Gracias a esos momentos “ertes”, pude focalizar mi atención en la finalización de esta tesis doctoral, la cuál, pensé que era una utopía terminar con tan poco tiempo disponible en mi día a día, sin embargo, aquí está. Además, también hubo tiempo para crear nuevos proyectos. Así pues, pude crear mi propia revista de investigación, Logía: Educación Física y Deporte (<https://logiaefd.com/>), la cuál verá la luz por primera vez y de forma oficial en septiembre de 2020.

*“Un pesimista ve la dificultad en cada oportunidad. Un optimista ve la oportunidad en cada dificultad”*

*Winston Churchill.*

Teniendo en cuenta la época digital y material en la que vivimos, donde prima el materialismo, las modas y el usar y tirar. Quiero darle las gracias a mi ordenador Samsung modelo NP-RV511-S03UK. Desde 2011 conmigo siempre al pie del cañón.

A mi casa y mi lugar favorito del mundo, ese que llevo por bandera. Mi ciudad, Dos Hermanas. A Barcelona, la ciudad que me acogió en 2015 y me ha visto crecer en lo personal y laboral. Sin duda, siempre formarás parte de mi vida.

Faltarán muchas personas que no habré nombrado pero que tengo en mi mente, así que un agradecimiento muy especial para todos ellos.

*“Todos verán tus éxitos, pero nadie verá tus sacrificios”*



## Índice General

Agradecimientos .....	1
Abreviaturas utilizadas.....	10
Resumen .....	15
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
1. Marco Teórico .....	18
1.1. Marco teórico. Origen de la Problemática Objeto de Estudio.....	18
1.2. Estado actual de conocimientos sobre la problemática estudiada. ....	23
1.3. Fuerza .....	28
1.3.1. Aspectos estructurales del músculo esquelético.....	30
1.3.2. Proceso de la Contracción Muscular .....	37
1.4. Manifestaciones de la Fuerza .....	40
1.4.1. Fuerza Aplicada.....	40
1.4.2. Fuerza Máxima.....	40
1.4.3. Fuerza Absoluta y Fuerza Relativa .....	41
1.4.4. Fuerza Explosiva .....	41
1.4.7. Fuerza Útil.....	42
1.5. Métodos del entrenamiento de fuerza .....	43
1.5.1. Método tradicional .....	43
1.5.2. Método olímpico .....	43
1.5.3. Método balístico .....	44
1.5.4. Método pliométrico .....	44
1.5.5. Método excéntrico.....	45
1.5.6. Método de contrastes.....	46
1.5.7. Método vibratorio.....	46
1.5.8. Método con electroestimulación .....	47
1.5.9. Método con autocargas.....	48
1.5.10. Otros métodos .....	49
1.6. Efectos de los métodos del entrenamiento de fuerza en el fútbol .....	50
1.6.1. Efectos del método tradicional .....	50
1.6.2. Efectos del método olímpico.....	52
1.6.3. Efectos del método balístico .....	53
1.6.4. Efectos del método pliométrico.....	54
1.6.5. Efectos del método excéntrico .....	57
1.6.6. Efectos del método de contrastes .....	60
1.6.7. Efectos del método vibratorio .....	62

1.6.8. Efectos del método con electroestimulación .....	64
1.6.9. Efectos del método con autocargas .....	66
1.6.10. Efecto de otros métodos .....	66
1.7. Demandas de la competición en el fútbol .....	67
1.8. Salto vertical en fútbol. ....	70
1.9. Consumo Máximo de Oxígeno (VO <sub>2</sub> max) .....	72
1.10. La composición corporal en fútbol.....	74
1.10.1. Características antropométricas del futbolista.....	76
1.10.2. Composición corporal en fútbol base y profesional .....	78
1.11. Planificación, programación y evaluación del entrenamiento.....	81
1.11.1. Evaluación de la condición física específica en fútbol.....	88
1.12. Bibliografía .....	102
<b>CAPÍTULO II: PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....</b>	<b>138</b>
2.1 Formulación del problema .....	139
2.2 Problemas .....	139
2.2.1. Problema 1.....	139
2.2.2. Problema 2.....	140
2.2.3. Problema 3.....	140
2.2.4. Problema 4.....	141
2.3 Objetivos .....	142
2.3.1 Objetivos Generales .....	142
2.3.2 Objetivos Específicos .....	142
2.4 Hipótesis.....	142
2.4.1. Hipótesis 1.....	142
2.4.2. Hipótesis 2.....	143
2.4.3. Hipótesis 3.....	144
2.4.4. Hipótesis 4.....	144
2.5 Bibliografía .....	145
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>150</b>
3.1 Tipo de investigación .....	151
3.2. Sujetos .....	151
3.3. Diseño experimental.....	153
3.4. Variables objeto de estudio .....	156
3.5. Mediciones .....	159
3.5.1. Test de salto vertical (CMJ) .....	159
3.5.2 El test de rendimiento intermitente 30-15 IFT .....	160

3.5.3 Control de la composición corporal .....	161
3.5.4 Evaluación de la repetición máxima (RM).....	162
3.4. Procedimiento y tratamiento .....	163
3.4.1. Procedimiento.....	163
3.4.2. Tratamiento .....	167
3.5. Análisis estadístico.....	177
3.6. Bibliografía .....	177
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b> .....	180
4. Resultados .....	181
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN</b> .....	212
5.1. Discusión.....	213
5.1.1. Salto con contramovimiento (CMJ). ....	213
5.1.2. Consumo máximo de oxígeno (VO <sub>2</sub> max). ....	219
5.1.3. Composición corporal. ....	223
5.2. Bibliografía .....	231
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES</b> .....	241
6.1. Conclusiones .....	242
<b>CAPÍTULO VII: LIMITACIONES DE LA TESIS</b> .....	245
7.1. Limitaciones de la tesis .....	246
<b>CAPÍTULO VIII: APLICACIONES PRÁCTICAS</b> .....	247
8.1. Aplicaciones prácticas.....	248
<b>CAPÍTULO IX: FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	249
9.1. Futuras líneas de investigación .....	250
<b>CAPÍTULO X: ANEXOS</b> .....	252
ANEXO 1: Consentimiento informado (Para jugadores menores de edad y adultos) .....	253
ANEXO 2: Cronograma del proceso de intervención.....	255
ANEXO 3: Activación de CORE.....	256
ANEXO 4: Estiramientos.....	257
ANEXO 5: Entrenamiento de fuerza con autocarga .....	258
ANEXO 6: Entrenamiento de fuerza con sobrecargas .....	265
<b>CAPÍTULO XI: PUBLICACIONES</b> .....	269

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Factores que determinan la fuerza muscular. García-García <i>et al.</i> , (2010). Modificado de García-Manso <i>et al.</i> , (1996).....	29
<b>Tabla 2.</b> Resumen de las características diferenciales de los tres tipos de fibras. Elaboración propia basada en Balius-Matas & Pedret-Carballido, (2013).....	36
<b>Tabla 3.</b> Cambios en los valores de los indicadores indirectos de daño muscular y la inflamación (Devrnja & Matković, 2018). ....	70
<b>Tabla 4.</b> Comparativa de valores CMJ en distintas categorías de fútbol masculino según la edad. Van Winckel <i>et al.</i> , (2014). ....	71
<b>Tabla 5.</b> Variables Antropométricas de jugadores de fútbol de categoría infantil, cadete y juvenil de una cantera de un equipo de primera división española. (Calahorra <i>et al.</i> , 2012). ....	79
<b>Tabla 6.</b> Variables de rendimiento atendiendo a la posición en la tabla clasificatoria. (Kalapotharakos <i>et al.</i> , 2006). ....	80
<b>Tabla 7.</b> Aspectos clave de la planificación deportiva (Masià <i>et al.</i> , 2012). ....	82
<b>Tabla 8.</b> Relación de factores, orientación y contenidos generales de entrenamiento según edad. Las edades de 8 a 10 y 10 a 12 años comparten los mismos contenidos (Ramos-Bermúdez & Taborda-Chaurra, 2001). ....	84
<b>Tabla 9.</b> Clasificación de la obesidad según el valor de IMC (Kg/m <sup>2</sup> ). Suárez-Carmona & Sánchez-Oliver, (2018). ....	99
<b>Tabla 10.</b> Comparación de los métodos de evaluación de la CC. (Costa-Moreira <i>et al.</i> , 2015). ....	102
<b>Tabla 11.</b> Ventajas y desventajas de los métodos de evaluación de la CC (Costa-Moreira <i>et al.</i> , 2015). ....	102
<b>Tabla 12.</b> Información inicial de los jugadores en categoría cadete y juvenil según tratamiento de fuerza y demarcación. Se presentan los promedios y desviación estándar (Prom $\pm$ DV). ....	153
<b>Tabla 13.</b> Microciclo categoría cadete .....	154
<b>Tabla 14.</b> Microciclo categoría juvenil.....	154
<b>Tabla 15.</b> Explicación del diseño experimental.....	155
<b>Tabla 16.</b> Trabajo de activación de CORE (común en ambas modalidades). ....	168
<b>Tabla 17.</b> Trabajo de estiramiento y Foam Roller (común en ambas modalidades) .....	168
<b>Tabla 18.</b> Fase 1 Adaptación Neuromuscular. Entrenamiento de fuerza con autocarga. ....	169
<b>Tabla 19.</b> Fase 2. Potenciación nivel 1. Entrenamiento de fuerza con autocarga.....	170
<b>Tabla 20.</b> Fase 3 Transición de alta intensidad. Entrenamiento de fuerza con autocarga .....	171
<b>Tabla 21.</b> Fase 4 Potenciación nivel 2. Entrenamiento de fuerza con autocarga. ....	172
<b>Tabla 22.</b> Fase 1 Adaptación Neuromuscular. Entrenamiento de fuerza con sobrecarga. ....	173
<b>Tabla 23.</b> Fase 2 Potenciación nivel 1. Entrenamiento de fuerza con sobrecarga.....	174
<b>Tabla 24.</b> Fase 3 Alteración patrones de movimiento. Entrenamiento de fuerza con sobrecarga. ....	175
<b>Tabla 25.</b> Fase 4 Potenciación nivel 2. Entrenamiento de fuerza con sobrecarga.....	176
<b>Tabla 26.</b> Diferencias generales entre tratamientos (autocargas vs sobrecargas) en cadetes y juveniles. Se presentan promedios y desviación estándar (Prom $\pm$ DE). ....	183
<b>Tabla 27.</b> Comparativa tratamientos (autocargas vs sobrecargas) en categoría cadete y juvenil. Se presentan promedios y desviación estándar (Prom $\pm$ DE).....	188
<b>Tabla 28.</b> Comparativa tratamientos (autocargas vs sobrecargas) según demarcación en categoría cadete. Se presentan promedios y desviación estándar (Prom $\pm$ DE). ....	196

<b>Tabla 29.</b> Comparativa tratamientos (autocargas vs sobrecargas) según demarcación en categoría juvenil. Se presentan promedios y desviación estándar (Prom $\pm$ DE).....	207
<b>Tabla 30.</b> Diferencias entre posiciones por categoría/tratamiento tras 37 semanas de tratamiento. Se presentan promedios y desviación estándar (Prom $\pm$ DE).....	211



## Índice de Ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Dimensiones terreno de juego de fútbol. ....	19
<b>Ilustración 2.</b> Estructura competitiva del fútbol base masculino y femenino en España. (Elaboración Propia, Mayo 2019). ....	20
<b>Ilustración 3.</b> Estructura competitiva del fútbol masculino sénior en España. Consultada el 15 de mayo de 2020. (Imagen de Google). ....	20
<b>Ilustración 4.</b> Categorías y edades competitivas. (Elaboración Propia, Mayo 2019). ....	21
<b>Ilustración 5.</b> TimeLine con el topic “Soccer”. Elaboración propia. (Fuente Pubmed). ....	21
<b>Ilustración 6.</b> TimeLine con el topic “Strength”. Elaboración propia. (Fuente Pubmed). ....	22
<b>Ilustración 7.</b> TimeLine con el topic “Strength Soccer”. Elaboración propia. (Fuente Pubmed). ....	22
<b>Ilustración 8.</b> Relación carga-entrenamiento vs deportista. Navarro-Valdivieso, (2001). ....	26
<b>Ilustración 9.</b> Descripción de los distintos tipos de musculatura. (Imagen de Google). ....	30
<b>Ilustración 10.</b> Estructura esquemática del músculo esquelético. Representación de los elementos más simples y cubiertas del empaquetado de fibras. (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019). ....	32
<b>Ilustración 11.</b> Estructura esquemática del músculo esquelético B. Representación de la organización espacial de los elementos estructurales desde los fascículos hasta las sarcómeras. (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019). ....	33
<b>Ilustración 12.</b> Esquema de la sarcómera y sus filamentos principales. (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019). ....	34
<b>Ilustración 13.</b> Sección transversal de músculo esquelético que muestra los tres tipos de fibras musculares (I, II A y II X). (Balius-Matas & Pedret-Carballido, 2013). ....	35
<b>Ilustración 14.</b> Localización de husos musculares y órgano tendinoso de Golgi (Imagen de Google). ....	39
<b>Ilustración 15.</b> A. Curva fuerza-tiempo. B. Curva fuerza-velocidad. (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002). ....	42
<b>Ilustración 16.</b> Fases del salto con contramovimiento CMJ. Masse, (2013). ....	72
<b>Ilustración 17.</b> Fases del estrés según el síndrome general de adaptación (SGA). (De Camargo, 2004). ....	86
<b>Ilustración 18.</b> Incremento del rendimiento cuando el ejercicio se hace siguiendo el principio de la supercompensación (Roldán-Aguilar, 2009). ....	87
<b>Ilustración 19.</b> Comportamientos esperados de la evolución cinética del VO <sub>2</sub> en función de la velocidad del corredor. (A) ausencia de meseta. (B) presencia de meseta. (Cândidoa et al., 2019). ....	91
<b>Ilustración 20.</b> Reunión colectiva de explicación del programa de entrenamiento a realizar con los jugadores. ....	152
<b>Ilustración 21.</b> Evaluación CMJ con Chronojump-Boscosystem®. ....	159
<b>Ilustración 22.</b> Esquema de preparación para el test 30-15IFT. Buchheit, (2008). ....	160
<b>Ilustración 23.</b> Evaluación de los jugadores durante el test 30-15 IFT. ....	161
<b>Ilustración 24.</b> Control de la composición corporal con Tanita® MC 980 MA. ....	161
<b>Ilustración 25.</b> Control de la altura con el estadímetro de pared modelo SECA®. ....	162
<b>Ilustración 26.</b> Evaluación de la RM con encoder lineal Chronojump Bosco-System®. ....	163
<b>Ilustración 27.</b> Imágenes de entrenamiento GAUT. ....	165
<b>Ilustración 28.</b> Imágenes de entrenamiento GSOB. ....	166

**Abreviaturas utilizadas**

CMJ: Salto con contramovimiento

VO<sub>2</sub>max: consumo máximo de oxígeno

CC: composición corporal

OMS: Organización Mundial de la Salud

N: Newton

F:  $m \cdot a$ : Fuerza = masa · aceleración

KG: Kilogramo

m/s: metros por segundo

Na: Sodio

K: Potasio

Ca: Calcio

ATP: Adenosín trifosfato

Pi: Fósforo inorgánico

CEA: Ciclo estiramiento-acortamiento

mm: milímetros

CE: Contracción excéntrica

COD: Cambios de dirección

FM: Fuerza máxima

FDM: Fuerza dinámica máxima

RM: Repetición máxima

FE: Fuerza explosiva

RFD: Ratio de fuerza por unidad de tiempo

C<sub>f-v</sub>: Curva fuerza-velocidad

C<sub>f-t</sub>: Curva fuerza-tiempo

FEM: Fuerza explosiva máxima

FIM: Fuerza isométrica máxima

FU: Fuerza útil

ms: mili segundos

EMI: Electroestimulación muscular integral

HIIT: Entrenamiento de intervalos de alta intensidad

MO: Método oclusivo

RFS: Restricción del flujo sanguíneo

mmHG: milímetros de mercurio

HS: Half Squat

RSA: Capacidad de repetir esprints

EC: Economía de carrera

TE: Tamaño del efecto

SJ: Squat Jump

JS: Jump squat

DJ: Drop Jump

NH: Nordic Hamstring

BHS: Back half squats

W: Wattios

cm: centímetros

m: metros

s: segundos

VCD: Velocidad con cambio de dirección

HAR: Hurdle agility jump

HJ: Salto horizontal

VJ: Salto vertical

ANOVA: Análisis de la varianza

PD: Pierna dominante

PND: Pierna no dominante

AKE: Extensión activa de rodilla

IMC: Índice de masa corporal

ABK: Salto abalakov

BAT: Test de agilidad de Balsom

Hz: Hercios

YBT: Y-Balance Test

IEPD: Índice de estabilidad postural dinámica

CK: Creatina cinasa

U/l: Unidades por litro

IGF-1: Factor de crecimiento insulinoide

LA: Lactato

Nm/kg: Newton por metro / Kilogramo

FCmáxima: Frecuencia cardíaca máxima

FCmed: Frecuencia cardíaca media

Km/h: Kilómetros hora

mL/kg/min: mililitros por kilogramo por minuto

PC: fosfocreatina

mmol/L: milimoles por litro

O<sub>2</sub>: oxígeno

GPS: Sistemas globales de posición

RPE/PSE: Percepción Subjetiva del Esfuerzo

%MG: Porcentaje masa grasa

MG: Masa grasa

MM: Masa muscular

MLG: Masa libre de grasa

%MM: Porcentaje de masa muscular

SGA: Síndrome general de adaptación

fps: frame por segundos

VT<sub>1</sub> y VT<sub>2</sub>: Umbral ventilatorio 1 y 2

OPLA: Principio de acumulación de lactato plasmático

OBLA: Inicio del acúmulo de lactato en sangre

TAC: Tomografía axial computarizada

RMN: Resonancia magnética nuclear

DXA: Absorciometría dual de rayos X

AST: Área muscular de sección transversal

BIA: Impedancia bioeléctrica

MLG: Masa libre de grasa

DMO: Densidad mineral ósea

CMO: Contenido mineral óseo

MTBSG: Masa de tejido blando sin grasa

μGy: microgray

FRCpleth: Capacidad funcional residual

ITGV o TGV: volumen de gas intratorácico

CV: Capacidad vital lenta

VT: Volumen corriente

IC: capacidad inspiratoria

ERV: volumen de reserva espiratorio

TLC: capacidad pulmonar total

RV: volumen residual

N.I.R: Near Infrared Reactanc

T.O.B.E.C: Total Body Electrical Conductivity

ISAK: International Society for the Advancement of Kinanthropometry

GREC: Grupo Español de Cineantropometría

Xc: reactancia



GAUT: Grupo autocarga

GAUTC: Grupo autocarga cadete

GAUTJ: Grupo autocarga juvenil

GSOB: Grupo sobrecarga

GSOBC: Grupo sobrecarga cadete

GSOBJ: Grupo sobrecarga juvenil

IFT: Intermittent Fitness Test

rep x ser: repeticiones por serie

E: Edad

P: Peso

vIFT: Velocidad final alcanzada

## Resumen

En la actualidad, el fútbol es uno de los deportes con mayor campo de investigación científica. En los últimos tiempos, el entrenamiento de la fuerza ha adquirido un papel fundamental en la planificación y programación del entrenamiento en fútbol, ya que, influye de forma positiva en la mejora de las demás cualidades y, por tanto, en un mayor rendimiento del deportista. Sin embargo, aún existe mucha controversia sobre el desarrollo de trabajos de fuerza en jugadores jóvenes de fútbol y su posible interferencia con otras cualidades físicas y/o antropométricas.

El objetivo de esta tesis doctoral, fue comparar los efectos que producen dos tratamientos de fuerza diferentes, sobre la capacidad de salto, el consumo máximo de oxígeno y la composición corporal, en jugadores jóvenes de fútbol durante una temporada, atendiendo a la categoría (cadete/juvenil) y la demarcación específica (portero, defensa central, lateral, centrocampista, extremo y delantero). Los tratamientos de fuerza fueron: 1. Grupo de fuerza con autocargas (GAUT) y 2. Grupo de fuerza con sobrecargas (GSOB).

Después de 37 semanas, con un total de 74 sesiones de entrenamiento de fuerza, se produjeron mejoras significativas sobre la capacidad de salto (17.54 % GAUT; 16.54 % GSOB) y sobre el consumo máximo de oxígeno (7.58 % GAUT; 6.69 % GSOB). Además, se produjeron descensos del % graso (13.94 %), aumentos significativos desde el 0.5 al 1.84 % en la variable altura (cm) y aumentos en la masa muscular (Kg) (8.30 % GAUT; 4.81 % GSOB), en ambas categorías.

Podemos concluir que las diferentes metodologías de entrenamiento de fuerza utilizadas, hicieron mejorar de manera significativa las variables de rendimiento estudiadas. Así pues, podemos indicar que tanto el tratamiento de fuerza con autocargas como el de sobrecargas, son métodos de entrenamiento válidos y óptimos para producir cambios a niveles neuromusculares, cardiorrespiratorios y antropométricos. Por último, se recomienda tanto a los entrenadores y/o preparadores físicos, que implementar un programa de entrenamiento de fuerza durante la temporada en jugadores jóvenes de fútbol, es efectivo para mejorar el rendimiento de sus jugadores.

**Abstract**

Currently, soccer is one of the sports with the most scientifically researched. In recent years, strength training has acquired a fundamental role in the planning and programming of soccer training, since it has a positive influence on the improvement of other qualities and, therefore, on a higher performance of the athlete. However, there is currently much controversy about the development of strength training in young soccer players and its possible interference with other physical and / or anthropometric qualities.

The objective of this PhD, was to compare the effects produced by two different strength training programs, on jumping capacity, maximum oxygen consumption and body composition, in young soccer players during a season, according to the category (U16 and U19) and the specific demarcation (goalkeeper, central defender, fullback, midfielder, winger and forward). The strength treatments were: 1. Group with self-loads (GSL) and 2. Group with overloads (GOV).

After 37 weeks, with a total of 74 strength training sessions, there were significant improvements on jumping ability (17.54% GSL; 16.54% GOV) and on maximum oxygen consumption (7.58% GSL; 6.69% GOV). In addition, there were decreases in % fat (13.94%), significant increases from 0.5 to 1.84% in the variable height (cm) and increases in lean mass (Kg) (8.30% GSL; 4.81% GOV), in both categories.

We can conclude that the different strength training methodologies used significantly improved the performance variables studied. Thus, we can indicate that both self-load and overload strength treatment are valid and optimal training methods to produce changes at the neuromuscular, cardiorespiratory and anthropometric levels. Finally, it is recommended to both coaches and / or fitness coaches, that implementing a strength training program during the season in young soccer players is effective to improve the performance of their players.

# **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

## 1. Marco Teórico

### 1.1. Marco teórico. Origen de la Problemática Objeto de Estudio

La historia moderna del fútbol abarca más de 100 años de existencia. Comenzó en el 1863, cuando en Inglaterra se separaron los caminos del "rugby-football" (rugby) y del "association football" (fútbol), fundándose en 1863 la asociación más antigua del mundo: la "Football Association" (Asociación de Fútbol de Inglaterra), el primer órgano gubernativo del deporte (FIFA, 2018a). Una amplia encuesta de la FIFA realizada en 2006 (FIFA MAGAZINE, 2007), en la que se incluyó a sus 207 asociaciones miembro, indicó que la posición líder del fútbol como deporte número uno en el mundo se afianzó aún más desde el último censo en el año 2000, con más de 265 millones de practicantes. Especialmente satisfactorio, es el hecho, de que el fútbol femenino sigue avanzando con paso firme.

Otro elemento clave del fútbol, es que se trata de uno de los deportes que aparecen en los anales de la historia de los juegos olímpicos. El fútbol, aparece como deporte de exhibición en París 1900 y San Luis 1904, en donde participaron equipos no profesionales. Fue en la ciudad de Londres, cuando el fútbol se convirtió deporte olímpico oficial durante las olimpiadas de 1908, siendo el primer partido de la historia del fútbol olímpico el disputado entre Dinamarca y un combinado francés, el cual ganaron los daneses por 9-0. Al final, el torneo lo ganó el cuadro representativo del Reino Unido que venció a la propia Dinamarca por 2-0, llevándose así la primera medalla dorada en esta modalidad. A nivel de selecciones, el dominio mundial está repartido principalmente entre Europa y Sudamérica, aunque a nivel de clubes, la supremacía europea está presente en la actualidad, a pesar del intento del fútbol asiático por mejorar su nivel, especialmente en China.

El fútbol es un deporte sociomotor de colaboración-oposición (Casal-Sanjurjo, Losada-López, & Ardá-Suárez, 2015; Casamichana, Quintana, Calleja, & González, 2015), desarrollado en un espacio común y con participación simultánea (Parlebas, 2008).

Con respecto a la reglamentación básica del fútbol, podemos tener en cuenta los siguientes apartados: (FIFA, 2019).

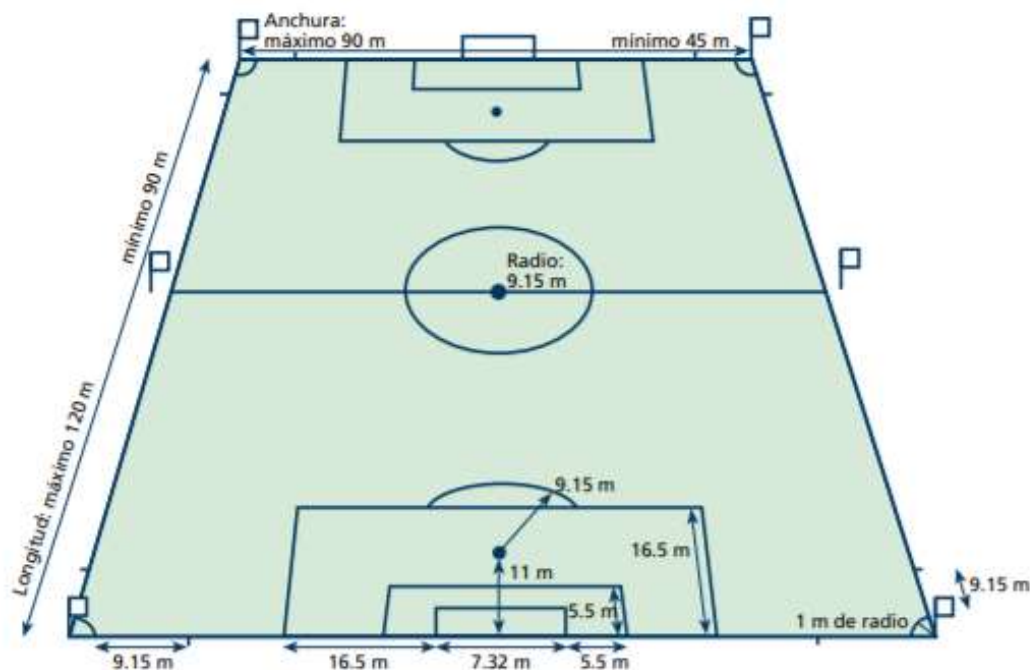
- Disputarán los partidos dos equipos, cada uno de ellos con un máximo de once jugadores, uno de los cuales será el guardameta. El partido no comenzará ni proseguirá si uno de los equipos dispone de menos de siete jugadores.
- El número máximo de suplentes que podrán inscribirse, será de tres hasta un máximo de doce.
- El árbitro es la persona encargada de dirigir el partido y que posee plena autoridad para hacer cumplir las Reglas de Juego en dicho encuentro.
- Un partido de fútbol consta de 2 períodos de 45 minutos de juego.
- Existe un periodo de 15 minutos de descanso entre el primer y el segundo período de juego.
- Partido de liga regular. Finaliza empate (1 punto para cada equipo). Si un equipo gana (3 puntos).
- Si es partido de competición con ronda eliminatoria. En caso de empate final de resultado, se jugaría una prórroga de 2 tiempos de 15 minutos cada uno; si se



siguiera en empate al final de dicha prórroga, se procederá al lanzamiento de la tanda de penaltis para determinar el ganador.

- El terreno de juego (**Ilustración 1**) deberá reunir las siguientes características:
  - La longitud del campo de fútbol deberá estar comprendida entre 90-120 m en partidos locales y entre 100-110 m en partidos internacionales.
  - La anchura del terreno de juego deberá estar comprendida entre 45-90 m en partidos locales y entre 64-75 m en partidos internacionales.
  - El círculo central debe tener un radio de 9,15 m.
  - La línea frontal del área grande debe medir 16,5 m de longitud.
  - La línea frontal del área del portero debe tener un ancho de 5,5 m y un largo de 7,32 m.
  - El punto de penalti se encuentra a exactamente 11 m de la línea de gol.
  - En partidos internacionales, debe haber como mínimo entre 1,5 m y 3 m entre las líneas que delimitan el terreno de juego y las gradas.

### Medidas métricas

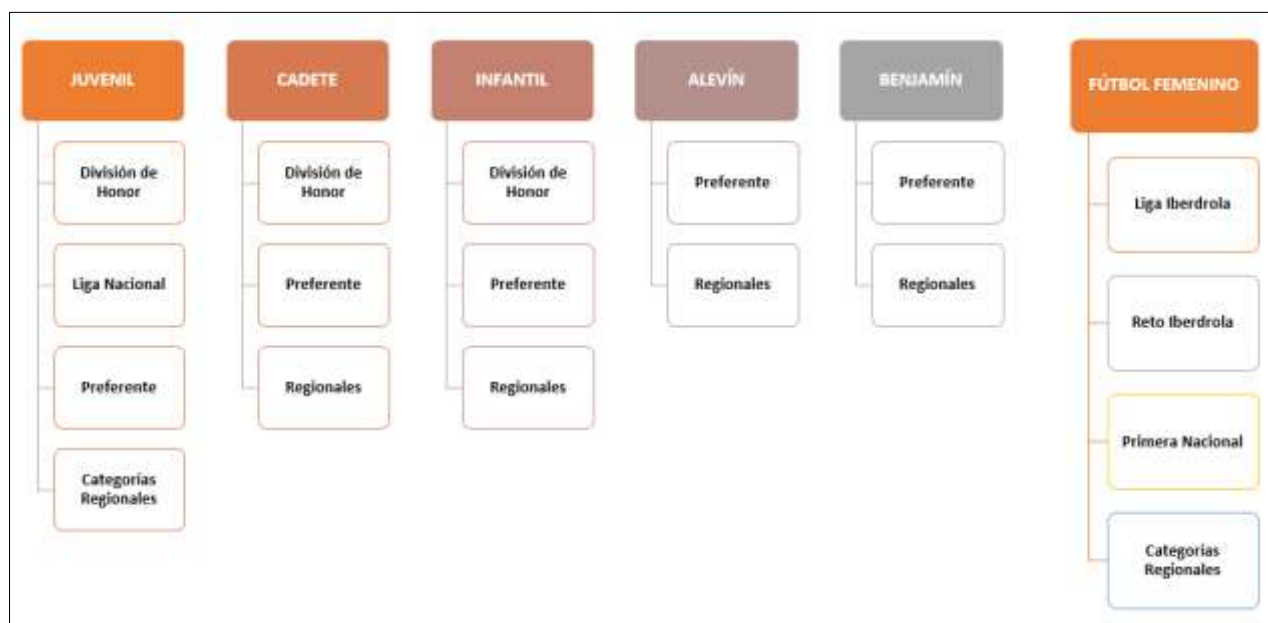


**Ilustración 1.** Dimensiones terreno de juego de fútbol.

Con respecto a la liga de fútbol en España, está estructurada en dos áreas competitiva (fútbol masculino y fútbol femenino). **Ilustración 2 e Ilustración 3.**



**Ilustración 3.** Estructura competitiva del fútbol masculino sénior en España. Consultada el 15 de mayo de 2020. (Imagen de Google).



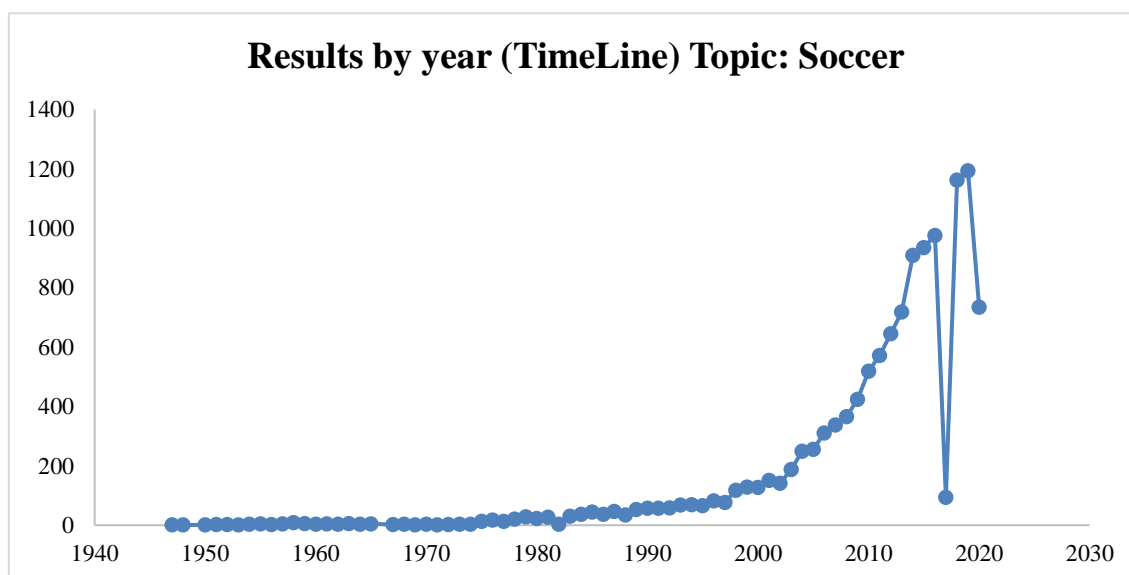
**Ilustración 2.** Estructura competitiva del fútbol base masculino y femenino en España. (Elaboración Propia, Mayo 2019).

Por último, para entender las edades competitivas según nuestro sistema de competición por categorías, en la ilustración 4 encontramos de forma gráfica las categorías y edades que engloba cada una.



**Ilustración 4.** Categorías y edades competitivas. (Elaboración Propia, Mayo 2019).

En la actualidad, el fútbol es uno de los deportes con mayor campo de investigación científica (Ilustración 5). Según la base de datos Pubmed, existen un total de 11.511 ítems referidos al topic “Soccer”. (Fecha de comprobación 15/08/2020 a las 13:30 H).



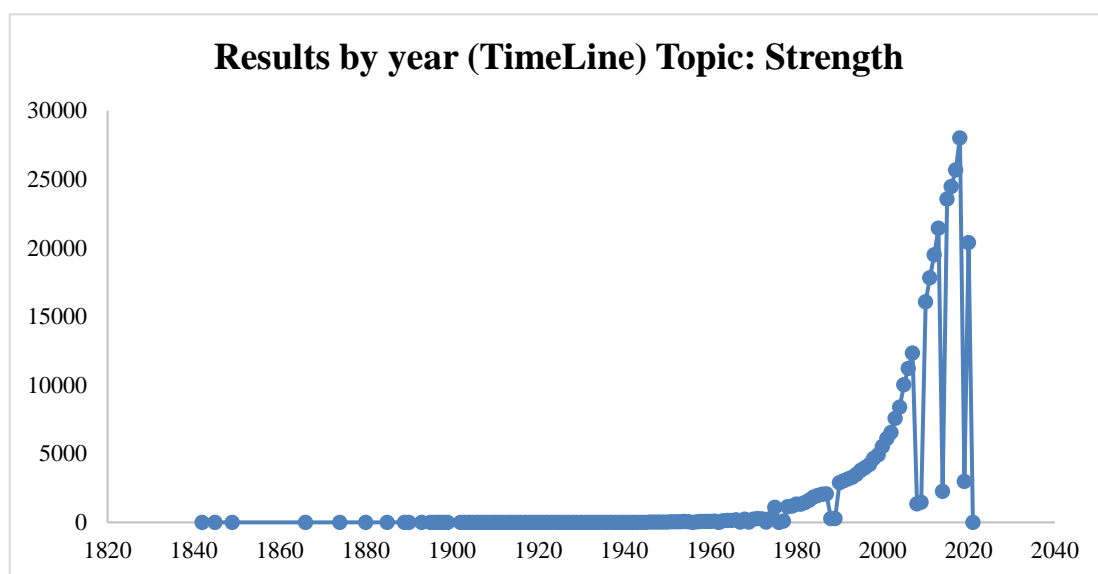
**Ilustración 5.** TimeLine con el topic “Soccer”. Elaboración propia. (Fuente Pubmed).

Los primeros campos de investigación en fútbol estuvieron centrados en conocer las demandas de partidos a nivel físico y fisiológico (Bangsbo, 1994a; Bangsbo, 1994b; Bangsbo, Nørregaard, & Thorsoe, 1991; Reilly, 2005). Posteriormente, se abrieron nuevos campos de investigación centrados en la mejora de la condición física en futbolistas (Hoff *et al.*, 2002; Hoffman *et al.*, 2004; Kotzamanidis *et al.*, 2005), perfiles individuales (Bangsbo *et al.*, 1991; Castagna, D'Ottavio, & Abt, 2003; Manguin, Noyes, Mullen, & Barber, 1990), entrenamiento mediante juegos reducidos (Falces-Prieto *et al.*, 2015a), epidemiología lesional y prevención de lesiones en fútbol (Junge, Rösch, Peterson, Graf-Baumann, & Dvorak, 2002; Woods, Hawkins, Hulse, & Hodson, 2002) y entrenamiento de fuerza (Griffiths *et al.*, 2019), potencia y velocidad (Sáez de Villarreal, Suárez-Arrones, Requena, Haff, & Ferrete, 2015) entre otros. De hecho, el incremento en la información científica disponible sobre características físicas y fisiológicas del fútbol,

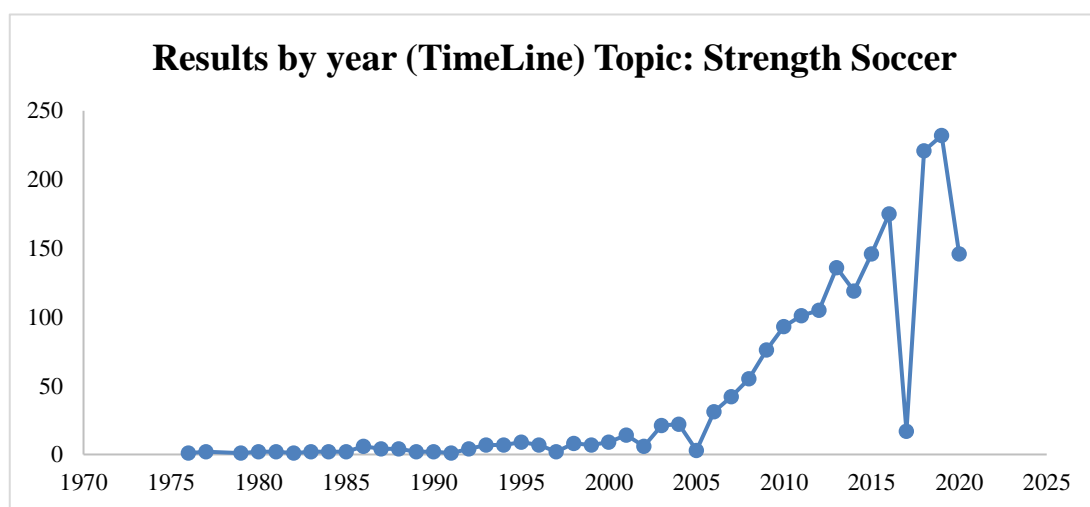
ha producido una evolución en el diseño de programas de entrenamiento, pasando desde un modelo basado en la experiencia práctica y/o personal, a un modelo más actual basado en la cuantificación de cargas y réplicas de situaciones de juego, lo que se conoce como entrenamiento basado en la especificidad.

En los últimos tiempos, el entrenamiento de la fuerza ha adquirido un papel fundamental en la planificación y programación del entrenamiento en fútbol (Makhlouf *et al.*, 2016; Ruivo, Carita, & Pezarat-Correia, 2016; Raya-González, 2017), ya que, influye de forma positiva en la mejora de las demás cualidades y, por tanto, en un mayor rendimiento del deportista (Cuadrado *et al.*, 2009).

Según la base de datos Pubmed, existen un total de 370.722 ítems referidos al topic “Strength” (Ilustración 6) y 1.815 ítems referidos al topic “Strength Soccer” (Ilustración 7). (Fecha de comprobación 15/08/2020 a las 13:45 H).



**Ilustración 6.** TimeLine con el topic “Strength”. Elaboración propia. (Fuente Pubmed).



**Ilustración 7.** TimeLine con el topic “Strength Soccer”. Elaboración propia. (Fuente Pubmed).

Los estudios de Dahab & McCambridge, (2009), Guy & Micheli, (2001), Faigenbaum, (2001), Ozmun, Mikesky, & Surburg, (1994) y Young & Metzl, (2010), en niños y adolescentes, demostraron que, con un entrenamiento de fuerza adecuado, existe una mejor respuesta a las demandas fisiológicas que toda actividad física requiere. En base a esto, se determinó que este tipo de entrenamiento, resulta beneficioso y se debe incluir desde las primeras etapas de formación.

Por último, existen estudios en los que se demuestra que, con un entrenamiento de fuerza adecuado, hay una mayor respuesta a las demandas fisiológicas que el fútbol requiere (De Hoyo *et al.*, 2015a; Griffiths *et al.*, 2019; Suárez-Arrones *et al.*, 2018b, Ferrete, Requena, Suárez-Arrones, & Sáez de Villarreal, 2014; Sáez de Villarreal *et al.*, 2015). Por lo tanto, deducimos que la programación del entrenamiento de fuerza es beneficiosa y debe entrenarse siguiendo una adecuada progresión para la mejora del rendimiento tanto en el fútbol profesional como en fútbol formativo.

## **1.2. Estado actual de conocimientos sobre la problemática estudiada.**

En los últimos años existe un interés creciente tanto de la comunidad científica, como por parte de los entrenadores, preparadores físicos y/o científicos del deporte, en lo que respecta a la valoración de la fuerza muscular y el efecto de su entrenamiento en el fútbol (Balsalobre-Fernández & Jiménez-Reyes, 2014; Pareja-Blanco *et al.*, 2017; Nicholson, Ispoglou, & Bissas, 2016). Este interés, se debe a los beneficios que se han observado que ocurren con el entrenamiento de fuerza en el rendimiento tanto en futbolistas adultos profesionales (Mosler *et al.*, 2017; Santos-Silva, Pedrinelli, Jaramillo, Dorileo, & Greve, 2016; Suárez-Arrones *et al.*, 2018a), como en jugadores jóvenes de fútbol (De Hoyo *et al.*, 2016; Di Giminiani & Visca, 2017; Falces-Prieto *et al.*, 2020; Sáez de Villarreal *et al.*, 2015).

Recientemente, son varias las investigaciones que han analizado los efectos de diferentes tipos de entrenamientos de fuerza sobre variables como la composición corporal (CC) (Barjaste & Mirzaei, 2018; Falces-Prieto *et al.*, 2020; Suárez-Arrones *et al.*, 2019; Suárez-Arrones *et al.*, 2018a; Suárez-Arrones *et al.*, 2018b), adaptaciones neuromusculares (Barjaste & Mirzaei, 2018; Falces-Prieto *et al.*, 2020; Romero-Boza, Feria-Madueño, Sañudo-Corrales, De Hoyo, & Del Ojo-López, 2014; Pareja-Blanco *et al.*, 2017), consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) (Cuadrado *et al.*, 2009; Ferrete *et al.*, 2014; Ramírez-Campillo *et al.*, 2015a), prevención/readaptación de lesiones (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003; Croisier, Ganteaume, Binet, Genty, & Ferret, 2008; Petersen, Thorborg, Nielsen, Budtz-Jørgensen, & Hölmich, 2011), maduración biológica (Asadi, Ramírez-Campillo, Arazi, & Sáez de Villarreal, 2018; Hansen, Bangsbo, Twisk, & Klausen, 1999; Meylan, Cronin, Oliver, Hopkins, & Contreras, 2014; Peña-González, Fernández-Fernández, Cervelló, & Moya-Ramon, 2019). entre otras variables. Por ello, podemos indicar a modo de reflexión, que la fuerza en consonancia con los resultados y conclusiones de los estudios recientes, es la cualidad condicional más importante a desarrollar en el fútbol (Cometti, 1998; 1999), sabiendo que con una correcta programación, adecuación, estructuración y necesidades de los estímulos de entrenamiento a cada sujeto, así como teniendo en cuenta la disciplina deportiva, influirá en un mayor desarrollo de las demás cualidades físicas, tanto condicionales como motrices.

Prestando atención a la población objeto de estudio en la presente tesis doctoral, cabe destacar que el entrenamiento de jóvenes deportistas (independientemente del objetivo o finalidad que se busque en él), suele orientarse en gran medida a la formación integral, dentro de un enfoque evolutivo-educativo en el cual se debe dar un desarrollo y crecimiento personal dentro del contexto deportivo (Smith & Smoll, 1997). En la actualidad, el entrenamiento en fútbol está dirigido hacia un enfoque integral, donde se trabaje de manera simultánea los aspectos técnicos, tácticos, condicionales, biomecánicos, psicológicos y fisiológicos (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005), por medio de objetivos en tareas que propongan demandas en las cualidades físicas condicionales y motrices (Vera *et al.*, 2005), sin obviar el dominio de la técnica básica de manejo de balón, fundamental para el disfrute del juego y perteneciente a la primera fase en la estructura de la enseñanza del juego (Palomino-Mendoza, Cedeño-Martínez, & Cedeño-Martínez, 2016).

Muñoz (2009), indica que las cualidades físicas se dividen en dos: a) las básicas: fuerza, resistencia, velocidad y flexibilidad, y b) secundarias: potencia, agilidad y coordinación. Estas capacidades son desarrolladas a través del propio proceso de entrenamiento, en tareas analíticas y/o mediante juegos. Si bien, se pueden y se deben buscar formas de entrenamiento más analíticas, sobre todo en etapas más avanzadas, cercanas al rendimiento, y en edades más tempranas, desde las primeras etapas de formación, aportando el estímulo adecuado para crear adaptaciones beneficiosas a los practicantes en cuestión, los futbolistas.

Por su parte, la fuerza no se suele trabajar como tal en las primeras etapas de formación debido a la controversia que ha existido siempre en relación a si es beneficiosa o no para los niños en las primeras etapas de adolescencia (Myer & Wall, 2006), y si puede llegar a afectar de forma perjudicial en su desarrollo natural (Pochetti, Ponczosznik, Rojas-Filartiga, & Testa, 2018), por lo que puede resultar un aspecto complejo y a tratar con prudencia. Años atrás, se cuestionaba el inicio del entrenamiento de fuerza antes de la pubertad, fundamentalmente por la inmadurez esquelética de los niños, que podía ocasionar una interferencia con el crecimiento y, junto con esto, un aumento en el número de lesiones, ya que en esta etapa los niveles de testosterona son bajos para producir hipertrofia (Gillone, 2015). Existe una creencia popular acerca de que el entrenamiento con pesas o autocargas cuando aún no se ha desarrollado completamente un individuo, afecta negativamente a su crecimiento o modifica su estatura final (Peña *et al.*, 2016). Durante los años 70 y 80 existió una evidente reticencia y cautela en recomendar el entrenamiento de fuerza para los distintos grupos de edad de la niñez y adolescencia (García-García, Serrano-Gómez, Martínez-Lemos, & Cancela-Carral, 2010; Peña *et al.*, 2016). Esto pudo estar originado a que en algunos estudios preliminares no se encontraron mejoras de la fuerza en niños prepúberes que participaron en programas de entrenamiento de la fuerza (Peña *et al.*, 2016; Fontoura, Schneider, & Meyer, 2004), lo que creó una opinión generalizada de que este tipo de entrenamiento era ineficaz para esta población, incluso por la Academia Americana de Pediatría en sus primeras recomendaciones publicadas al respecto (AAP, 1983; AAPCSM, 1990). Kato & Ishiko (1964), concluyeron que niños japoneses que estaban habitualmente sometidos a sobrecargas presentaban una estatura reducida; sin embargo, hay que matizar que las sobrecargas tenían procedencia laboral, en concreto el transporte de cestos pesados en los mercados, lo que no se asemeja en nada a un programa sistematizado y controlado de desarrollo de

fuerza. Además, en los trabajos de Hetherington (1976) y Vrijens (1978), no se encontraron incrementos de fuerza tras someter a niños a un entrenamiento isométrico de sobrecarga con pesas durante 8 semanas, aduciendo como razón principal una falta de madurez hormonal.

Tal y como indican García-García *et al.*, (2010), tras estos primeros estudios, la American Academy of Pediatrics (1983), emitió un informe donde se concluía que los niños en edad prepuberal no presentaban aumentos significativos de la masa muscular por efecto del entrenamiento de fuerza, motivado por el bajo nivel de andrógenos circulantes en estas edades, que el entrenamiento con cargas elevadas presentaba un alto riesgo de lesión, y que los máximos beneficios de entrenamiento con cargas se lograban a partir de la etapa postpuberal.

Por todos estos motivos, Pastor-Navarro (2007), nos indica que el entrenamiento de la fuerza en niños y jóvenes ha sufrido tradicionalmente un tratamiento “residual” y fuertemente marcado por una tendencia “proteccionista” mal entendida, generalmente, consecuencia de una falta de conocimientos profundos acerca de: el perfil motor de los distintos deportes, de los principios metodológicos y los medios modernos para el entrenamiento de la fuerza y de la propia biología del niño y el joven.

En la actualidad, uno de los últimos consensos internacionales publicados (Lloyd *et al.*, 2014), refuerza y afianza la recomendación y promoción de programas de acondicionamiento neuromuscular durante la niñez y adolescencia, siempre y cuando estén apropiadamente supervisados y diseñados por adultos cualificados para entrenar a este tipo de poblaciones (Matos & Winsley, 2007; Faigenbaum & Myer, 2010; Lloyd *et al.*, 2014; Peña *et al.*, 2016). Actualmente la comunidad investigadora, indica que no existe evidencia científica que compruebe que el entrenamiento de fuerza en niños y/o jóvenes, sea inefectivo o contraproducente (Malina, 2006; Faigenbaum *et al.*, 2009; Lloyd *et al.*, 2014; Peña *et al.*, 2016), o que afecte al desarrollo óseo o la estatura del individuo (Behringer, vom Heede, Yue, & Mester, 2010; Faigenbaum, Lloyd, & Myer, 2013).

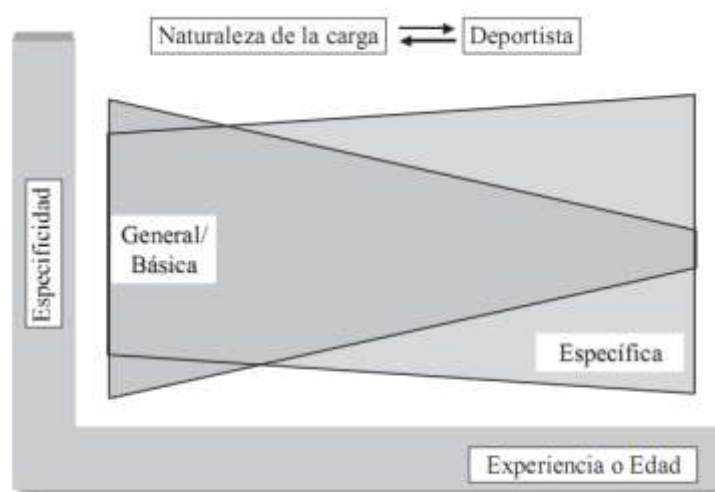
González-Badillo & Ribas-Serna (2002), vienen a corroborar que los periodos de máximo crecimiento de la fuerza comienzan sobre los 12-13 años para terminar a los 17-18 años en hombres y de 2 a 4 años antes en las mujeres. Por este motivo, indican que *“no parece tener ningún sentido, por ejemplo, decir que los jóvenes no han de comenzar el entrenamiento de fuerza hasta los 17 o 18 años, si es a esta edad cuando precisamente los hombres han terminado su fase óptima para mejorar la fuerza y en las mujeres ya terminó mucho antes. El momento de comenzar el entrenamiento de fuerza, está en relación con las necesidades de fuerza de la especialidad, pero, probablemente, en la mayoría de los casos se ha de iniciar antes de lo que se propone normalmente”*.

El entrenamiento con niños, considerado como proceso preparatorio de condiciones objetivas de futuros desempeños, es en donde la formación multivariada, como las habilidades deportivas por preparar, ocupan un papel muy importante (Ramos-Bermúdez & Taborda-Chaurra, 2001). Estos mismos autores, indican que los objetivos generales del entrenamiento en la infancia deben ser:

- Promover el desarrollo integral del niño deportista.
- Estimular la práctica de diversos deportes por parte del niño.
- Promover de manera gradual el acceso del niño a desempeños cada vez más exigentes, de acuerdo a su edad y evolución.
- Crear las bases universales necesarias para futuros rendimientos deportivos.
- Propiciar la constitución de ambientes adecuados para el desarrollo adecuado a nivel psicomotriz, socioafectivo, cognoscitivo y físico del niño.
- Constituir una comunidad deportiva con padres, entrenadores, médicos deportivos, psicólogos, fisioterapeutas que apoye permanentemente el desarrollo deportivo de los niños.

Las recomendaciones mundiales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), sugieren que los niños y adolescentes deberían invertir, como mínimo, 60 minutos diarios en actividades físicas de intensidad moderada a vigorosa, principalmente, aeróbicas, y realizar actividades de fortalecimiento muscular y óseo, al menos, 3 veces por semana (OMS, 2017). Durante la última década, se ha incrementado el número de niños y adolescentes que realizan entrenamiento de fuerza, y la evidencia científica indica que es beneficioso para la salud en muchos aspectos (Faigenbaum & Myer, 2010; Peña *et al.*, 2016; Pochetti *et al.*, 2018).

Navarro-Valdivieso (2001), nos indica que con respecto a la naturaleza del entrenamiento de fuerza y la carga de entrenamiento, varía en función de la edad y nivel o experiencia del deportista. Tanto el nivel de especificidad de la carga como el trabajo de fuerza propuesto, se deben ajustar a las condiciones particulares de los deportistas, por encima de las condiciones impuestas por la especialidad deportiva o incluso el objetivo de la competición (Raya-González, 2017). Por ello, cuanto más joven o menor experiencia tenga el deportista, mayor atención se debe poner al desarrollo de las capacidades básicas de entrenamiento (carga general/básica) y cuanto más adulto y mayor experiencia tenga o vaya adquiriendo, mayor atención se deberá poner en el desarrollo de las capacidades específicas (carga específica).



**Ilustración 8.** Relación carga-entrenamiento vs deportista. Navarro-Valdivieso, (2001).



Pastor-Navarro (2007), remarca que la Asociación Nacional Americana de Fuerza y Acondicionamiento, la Sociedad Americana de Ortopedia para la Medicina del Deporte y la Sociedad Americana de Pediatría, indican que los beneficios que los niños y los jóvenes pueden obtener de un programa de fuerza adecuadamente prescrito son los siguientes:

- Aumento de la fuerza muscular.
- Incremento de la resistencia muscular local.
- Prevención de lesiones durante la práctica deportiva.
- Mejora de la capacidad de rendimiento en el deporte y en las actividades recreacionales.

Por su parte, Pochetti *et al.*, (2018), indicaron que un programa de entrenamiento de fuerza diseñado de manera apropiada, puede brindar beneficios para la salud y para el acondicionamiento físico de niños y adolescentes. Cuanto más temprano se incorpore, mayores serán las mejoras en su sistema motor y estarán más aptos para las actividades físicas o deportivas en su vida futura. Beneficios generales:

- Aumenta la fuerza y la potencia de los músculos.
- Aumenta la densidad mineral ósea.
- Reduce el riesgo de lesiones en el deporte.
- Mejora el desempeño de las habilidades motoras (saltar, lanzar, correr).
- Mejora el rendimiento deportivo.
- Mejora la composición corporal en niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad.
- Incrementa la sensibilidad a la insulina en adolescentes con sobrepeso u obesidad.
- Mejora el perfil lipídico en sangre.
- Mejora la función cardiovascular.
- Mejora la percepción de la imagen corporal e incrementa la confianza en sí mismo.
- Genera bienestar psicosocial.
- Mejora el rendimiento académico.
- Genera mayor adherencia a la realización de actividad física de por vida.

Haciendo referencia al entrenamiento de fuerza en el ámbito futbolístico, podemos indicar que, en los últimos diez años, el entrenamiento de fuerza se ha vuelto muy importante en la planificación del entrenamiento (Wong, Chaouachi, Chamari, Dellal, & Wisloff, 2010) y su relación con el fútbol de alto rendimiento (Bogdanis *et al.*, 2011; Lago- Peñas, Rey, Lago-Ballesteros, Casáis, & Domínguez, 2011). En este sentido, el objetivo central del entrenamiento de fuerza es mejorar las acciones específicas, relevantes e inherentes al juego de los jugadores de fútbol (Silva, Nassis, & Rebelo, 2015). Se han utilizado diferentes metodologías de entrenamiento de fuerza para mejorar el rendimiento físico en el fútbol, como programas basados en ejercicios tradicionales, entrenamiento de sobrecarga excéntrica, entrenamiento pliométrico, ejercicios balísticos, ejercicios olímpicos y una combinación de diferentes métodos (Raya-González & Sánchez -

Sánchez, 2018; Suárez-Arrones *et al.*, 2019; Suárez-Arrones *et al.*, 2018b). Aunque algunos de estos métodos van acompañados de material costoso.

Sin embargo, no todos los clubes y/o preparadores físicos tienen un presupuesto para estos materiales, por esta razón, entrenadores y preparadores físicos, intentan encontrar recursos válidos, simples y económicos para el entrenamiento de fuerza. Un método generalmente utilizado es el basado en la autocarga (propio peso corporal) (Harrison, 2010; Klika & Jordan, 2013). Esta metodología ha sido ampliamente utilizada e investigada en grupos prepúberes, jóvenes (Faigenbaum & Myer, 2010; Peña *et al.*, 2016) y personas mayores (Kanda *et al.*, 2018; Tsuzuku *et al.*, 2007; Watanabe *et al.*, 2015), pero no se ha investigado suficientemente en fútbol (Falces-Prieto *et al.*, 2020). En la mayoría de los casos, esta metodología de entrenamiento (autocargas), exige un gran esfuerzo por parte de los jugadores jóvenes; de lo contrario, los movimientos se pueden hacer con poco control durante la ejecución (Navarro & Javier, 2007). Por lo tanto, se necesita mucha más investigación sobre los beneficios o desventajas de esta metodología de entrenamiento de fuerza y su aplicabilidad en jóvenes jugadores de fútbol (Falces-Prieto *et al.*, 2020).

### 1.3. Fuerza

La necesidad de incluir un apartado sobre el concepto de fuerza se debe a que antes de proponerse programar un entrenamiento de fuerza es necesario tener claros los conceptos básicos relacionados con la manifestación de la fuerza y con su denominación (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019). Este concepto puede dar lugar a una definición amplia y compleja. De cualquier modo, podemos encontrar en la literatura multitud de terminologías e interpretaciones, existiendo muchas fuentes de las cuales podemos sacar conclusiones positivas o caer en confusiones. La confusión en torno al concepto “fuerza” y sus manifestaciones conduce a una determinante ambigüedad y falta de concreción respecto a los objetivos del entrenamiento de dicha capacidad (Heredia-Elvar & Peña-García-Orea, 2019).

A continuación, se expondrán algunas definiciones del término fuerza. Se puede entender la fuerza como el presupuesto necesario para la ejecución de un movimiento, siendo por tanto una capacidad condicional desde el punto de vista de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (García-García *et al.*, 2010). La fuerza, desde el punto de vista de la mecánica, es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, así como la causa capaz de deformarlo (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019; Heredia-Elvar & Peña-García-Orea, 2019).

Knuttgen & Kraemer (1987), la definen más concretamente como la capacidad de tensión que puede generar cada grupo muscular a una velocidad específica de ejecución contra una resistencia. En otras palabras, la fuerza es empujar algo o tirar de algo (McGinnes, 1999). O más explícito, aquello que empuja o tira por medio de un contacto mecánico directo o por la acción de la gravedad y que altera o varía el movimiento de un objeto (Luttgens & Wells, 1985). Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019). Esta capacidad está en relación con una serie de factores como el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina (Goldspink, 1992), el número de sarcómeras en paralelo, la tensión específica o

fuerza que una fibra muscular puede desarrollar por unidad de sección transversal ( $\text{N} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) (Seemler & Enoka, 2000), la longitud de la fibra y del músculo, el tipo de fibra, los factores facilitadores e inhibidores de la activación muscular y otras cuestiones como ángulo articular donde se genera la tensión muscular, tipo de activación, tiempo de activación y velocidad de movimiento (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002; 2019). En definitiva, la fuerza sería la medida del resultado de la interacción de dos cuerpos.

García-Manso *et al.*, (1996), indicaron que son 7 los factores que determinan la producción de fuerza. En este sentido, García-García *et al.*, (2010), justifican que se podría decir que la cantidad de fuerza que sea capaz de generar una persona en un momento determinado dependerá de cómo interactúen todos ellos.

**Tabla 1.** Factores que determinan la fuerza muscular. García-García *et al.*, (2010). Modificado de García-Manso *et al.*, (1996).

Factores que determinan la producción de fuerza	
Factor estructural	Hipertrofia de las fibras musculares Tipo de fibras musculares Aumento de los sarcómeros en serie
Factor neuromuscular	Reclutamiento de las unidades motrices Sincronización de las unidades motrices
Factor energético	Fuentes de energía diferenciadas
Factor hormonal	Balance anabólico/catabólico
Factor mecánico	Longitud del músculo Velocidad de trabajo Comportamiento elástico del músculo
Factor funcional	Tipo de contracción muscular
Factor sexual	Diferencias entre hombre y mujer

La fuerza viene definida como el producto de una masa por una aceleración [ $F = m \cdot a$ ], y su unidad de medida internacional es el Newton (N). 1 N equivale a la cantidad de fuerza que aplica a un objeto de masa 1 kilogramo (kg), causa que éste acelere a  $1 \text{ m/s}^2$ . Al detenernos en esta expresión científica de fuerza, un elemento importante es la relación directamente proporcional entre las magnitudes de fuerza y aceleración ante una masa determinada, de modo que si se quiere acelerar o decelerar un cuerpo de masa X se tendrá que aplicar una cantidad de fuerza determinada. Esta relación entre fuerza y aceleración se revela como clave en el ámbito de la física y el deporte, toda vez que gran parte del existe en multitud de modalidades deportivas se basa en la capacidad de acelerar un objeto o segmento corporal (Sanz-Ramírez, 2015).

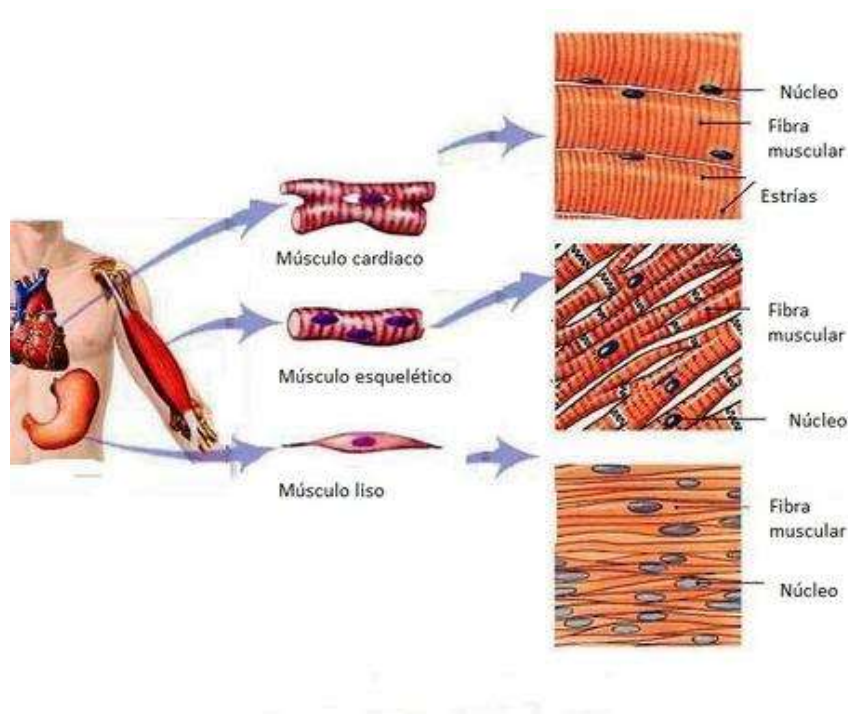
Según Faigenbaum *et al.*, (2009), el entrenamiento con resistencias o entrenamiento de fuerza se refiere a la utilización de métodos de acondicionamiento físico que usan de forma progresiva una amplia gama de pesos o cargas de resistencia en distintas formas, diseñadas para mejorar la salud, la condición física, y el rendimiento deportivo. Se suelen usar como sinónimos los términos entrenamiento con resistencias, entrenamiento de fuerza y entrenamiento con pesas (García-García *et al.*, 2010). Con toda esta información, es importante indicar que la mejora de la fuerza es un factor importante en todas las actividades deportivas y en algunos casos determinante (García-García *et al.*, 2010). Por

ello, para tratar de analizar la influencia de la fuerza en cualquier disciplina deportiva y en este caso en el fútbol, debemos tener en cuenta las propias características del deporte y la interacción de los distintos elementos y factores que intervienen. Solo así, podremos proceder a su desarrollo de forma correcta y con garantías de producir mejoras fisiológicas que se traducirán en una formación integral más completa para obtener mejores resultados en competición.

### 1.3.1. Aspectos estructurales del músculo esquelético

Las estructuras que permiten generar fuerza son los músculos. El sistema muscular es un sistema complejo que en el ser humano está formado por tres tipos diferentes de musculatura:

1. Musculatura Cardíaca
2. Musculatura Esquelética
3. Musculatura Lisa



**Ilustración 9.** Descripción de los distintos tipos de musculatura. (Imagen de Google).

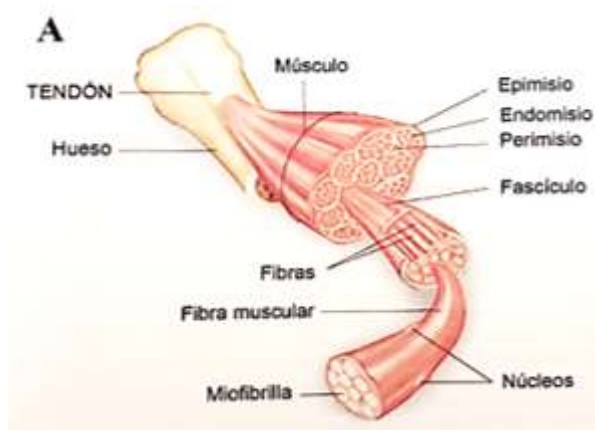
La musculatura esquelética representa alrededor del 40% del peso corporal total, se distribuye por todo el cuerpo y se inserta en los huesos para permitir el movimiento corporal a partir de la generación de fuerza (Balius-Matas & Pedret-Carballido, 2013; Guillone, 2015). El músculo esquelético es el responsable del movimiento voluntario. Se trata de un tejido con una estructura óptima para generar fuerza a distintas velocidades. Tiene características visco-elásticas que le permiten deformarse y cambiar su rigidez constitucional, lo cual es básico para aplicar fuerza que genera el músculo a los extremos tendinosos que se insertan en los huesos (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019).

El cuerpo humano contiene más de 400 músculos esqueléticos asegurando 3 funciones fundamentales (Sanz-Ramírez, 2015):

1. Generan fuerza en las extremidades óseas, provocando movimiento
2. Producen la fuerza necesaria para el mantenimiento de la postura
3. Producen calor durante un periodo de exposición al frío, con lo que aseguran el mantenimiento de la temperatura interna (Billat, 2002).

El músculo en su conjunto, está formado por un número variable de fibras musculares. Podemos encontrar músculos compuestos por pocas fibras musculares (Ejemplo: músculos que controlan movimientos del ojo), a músculos compuestos por infinidad de fibras musculares (Ejemplo: complejo muscular del cuádriceps). Cada fibra muscular representa una célula muscular o miocito, como cualquier célula, las fibras musculares presentan membrana celular o sarcolema, citoplasma o sarcoplasma y núcleo, en este caso múltiples núcleos ubicados en la periferia de la misma. Cada fibra muscular a su vez, contiene un gran número de miofibrillas. Éstas estructuras contendrán las proteínas con papel protagonista en el proceso de contracción muscular (Sanz-Ramírez, 2015).

A nivel macroscópico, un músculo se estructura en paquetes definidos por el tejido conjuntivo que le rodea (ver ilustración 10). De esta manera, el músculo en su totalidad, está recubierto por una vaina de tejido conjuntivo denominada epimisio. A su vez en el interior del epimisio las fibras musculares se organizan en conjunto de haces rodeadas por el perimisio que las mantiene unidas. Por último, cada fibra muscular estará recubierta por una vaina de tejido conjuntivo llamada endomisio. El tejido conectivo está generalmente por fibras de colágeno y se distribuye a lo largo de todo el músculo hasta los extremos distal y proximal donde se conforman los tendones. Junto al tejido conjuntivo se distribuyen vasos sanguíneos y nervios que permiten el correcto funcionamiento del músculo (Sanz-Ramírez, 2015).

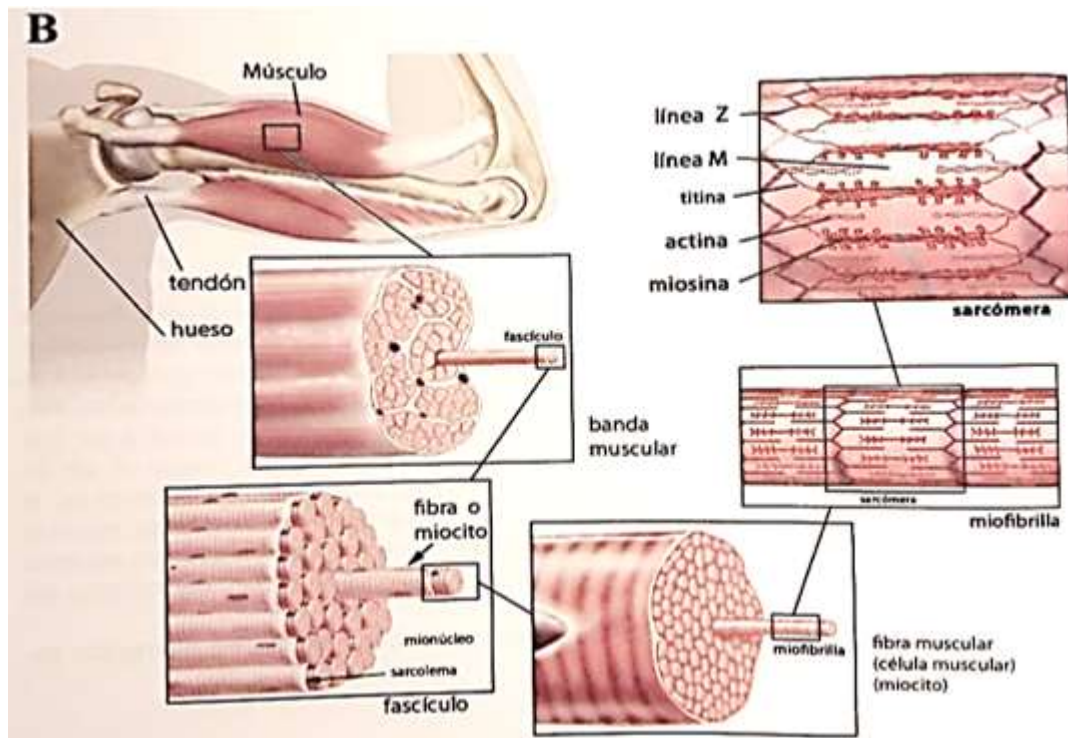


**Ilustración 10.** Estructura esquemática del músculo esquelético. Representación de los elementos más simples y cubiertas del empaquetado de fibras. (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019).

Las fibras musculares tienen distintos tamaños que oscilan entre 50-100  $\mu\text{m}$  de diámetro y de 500  $\mu\text{m}$  a varios centímetros de longitud, pudiendo cambiar estas dimensiones en respuesta a distintos estímulos utilizados como entrenamiento (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019). A pesar de tener una longitud importante, no se extienden a lo largo de todo el músculo, sino que se disponen en haces superpuestos unidos a través de tejido sostén, el cual, tendrá una gran importancia en la transmisión de fuerza una vez iniciada la contracción muscular.

La membrana celular que recubre cada fibra muscular se le denomina sarcolema. Esta, está conformada por una membrana bilipídica en la que se alojan canales de Na, K y Ca principalmente, cumpliendo un papel importante en el proceso de contracción muscular. La membrana se repliega en invaginaciones formando un sistema de túbulos internos llamados Túbulos T o transversos. Estos túbulos permiten propagar la onda de despolarización de la membrana hacia el interior de la célula muscular, lo que en último término desencadenará el proceso de contracción del tejido contráctil.

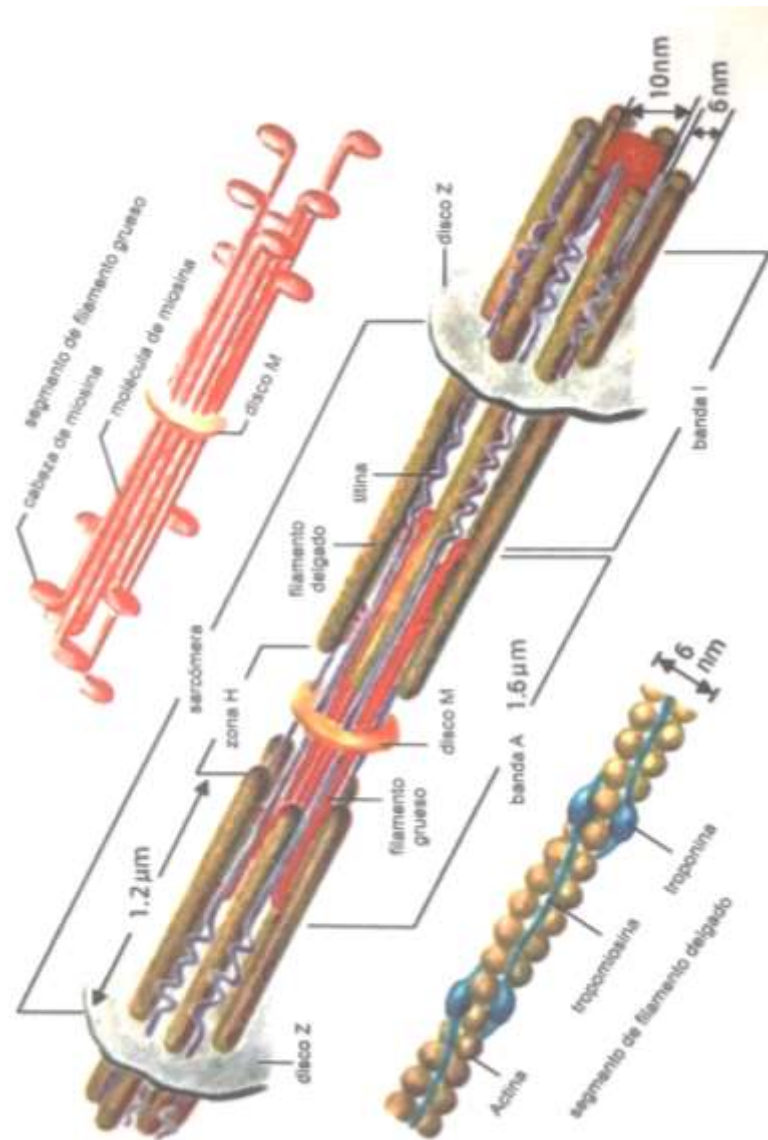
En el interior de la célula encontramos el sarcoplasma que albergará las miofibrillas, así como multitud de organelas esenciales para la función celular entre las que cabe destacar el retículo sarcoplasmático o las mitocondrias. Estas miofibrillas están formadas por filamentos finos, cuyo contenido principal será la actina y gruesos, cuyo contenido principal será la miosina. Los filamentos mantienen una correcta alineación gracias a toda una pared de proteínas accesorias del músculo las cuales cumplen función de anclaje (Stevens & Lowe, 2006). Estas proteínas accesorias fijan la posición de filamentos gruesos y finos en torno a placas dividiendo la miofibrilla en unidades funcionales denominadas sarcómeros, a su vez, cada sarcómero presenta una organización regular de proteínas contráctiles, de forma que rodeando a cada filamento grueso encontramos seis filamentos finos. La contracción del músculo se producirá cuando los filamentos gruesos y finos se desplazan y deslizan entre sí, disminuyendo la anchura del sarcómero (Sanz-Ramírez, 2015). (ver ilustración 11).



**Ilustración 11.** Estructura esquemática del músculo esquelético B. Representación de la organización espacial de los elementos estructurales desde los fascículos hasta las sarcómeras. (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019).

Estructuralmente, en la sarcómera, podemos distinguir una sucesión de bandas llamadas Banda A y Banda I. La banda I es la zona donde no existe solapamiento entre filamentos finos y gruesos, en el centro de la banda I encontramos la Línea Z o Disco Z que forma la estructura de fijación en torno a la que se organizan los filamentos finos. Un sarcómero está formado por la estructura presente entre 2 Discos Z. (ver ilustración 12).





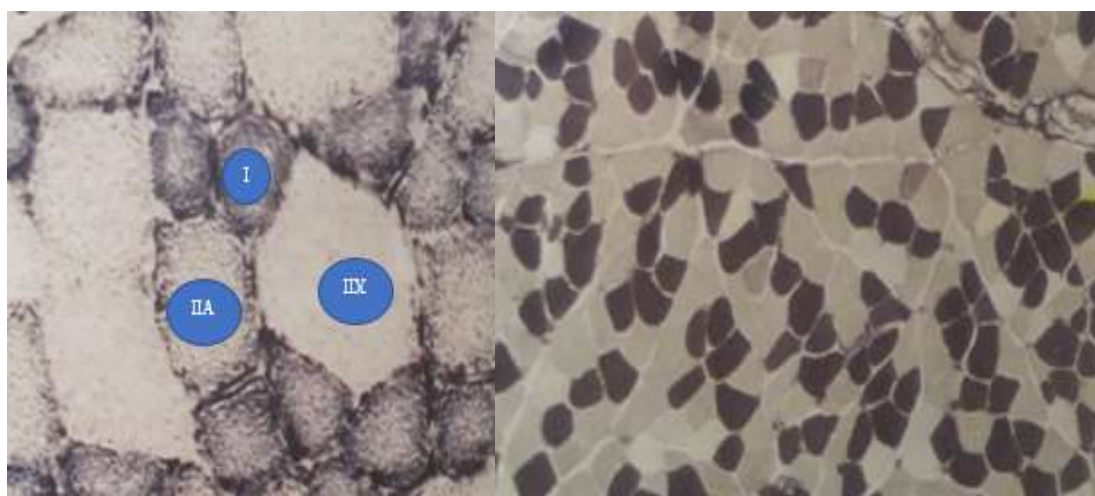
**Ilustración 12.** Esquema de la sarcómera y sus filamentos principales. (González-Badillo & Ribas-Serna, 2019).

La Banda A será aquel espacio donde los filamentos gruesos se solapan con los finos, en el centro de esta banda encontramos una Zona H compuesta por filamentos gruesos, esta Zona H solo será visible cuando el sarcómero está relajado ya que con la contracción muscular los filamentos de actina son arrastrados hacia esta zona dándole a la misma la misma apariencia que la banda A. En la parte central de la Zona H encontramos los discos M que serán las estructuras en torno a las cual surgen los filamentos gruesos. Los discos Z que limitan cada sarcómera están unidos al Disco M, situado en el centro de la sarcómera mediante filamentos de titina, proteína de gran peso molecular y características elásticas, estos discos Z se constituyen básicamente de filamentos de actinina y constituyen la unión de una sarcómera con otra y de las sarcómeras terminales con los tendones. Cada miofibrilla está formada por miles de sarcómeras, cada fibra muscular



alberga en su interior multitud de miofibrillas, cada músculo un número importante de fibras musculares las cuales irán conectadas a tejidos de sostén y en última instancia a los tendones, tejidos muy elásticos y resistentes que sirven de unión de los músculos con los huesos, formando finalmente una estructura que permite que contracción de músculo se traduzca en producción de movimiento (Sanz-Ramírez, 2015).

Aunque histológicamente el músculo esquelético aparece de manera uniforme, realmente está formado por una población heterogénea de fibras musculares que difieren en sus características estructurales, ultraestructurales, moleculares, metabólicas y en sus propiedades contráctiles (Balius-Matas & Pedret-Carballido, 2013). Básicamente se diferencian tres tipos de fibras musculares: Tipo I (denominadas también rojas o fibras lentas), Tipo II A (denominadas intermedias) y Tipo II X (denominadas también blancas o rápidas). (ver ilustración 13).



**Ilustración 13.** Sección transversal de músculo esquelético que muestra los tres tipos de fibras musculares (I, II A y II X). (Balius-Matas & Pedret-Carballido, 2013).

Según González-Badillo & Ribas-Serna, (2019), las diferencias entre ellas se basan principalmente en la rapidez para hidrolizar el ATP, en los mecanismos que utilizan para producir ATP, el tipo de motoneurona que las inerva y el tipo de miosina que las compone. Además, también se diferencian según el tamaño de las fibras, el tipo de proteínas funcionales que las componen, la capacidad oxidativa, la capacidad glucolítica anaeróbica, las fuentes energéticas predominantes almacenadas en las mismas, la vascularización o densidad capilar, la generación de fuerza, la velocidad, el tiempo de contracción, la densidad mitocondrial, la resistencia a la fatiga, etc. Por último, los diferentes fenotipos de fibras musculares se disponen durante la miogénesis embrionaria y se estabilizan durante el desarrollo posnatal (Balius-Matas & Pedret-Carballido, 2013). (ver tabla 2).

**Tabla 2.** Resumen de las características diferenciales de los tres tipos de fibras. Elaboración propia basada en Balius-Matas & Pedret-Carballido, (2013).

	Fibras tipo I	Fibras tipo II A	Fibras tipo II X
<b>Características microscópicas</b>	Menor tamaño Elevada dotación mitocondrial Mayor grosor de la línea Z Menor desarrollo del retículo sarcoplasmático Mayor número de células satélite Gran número de capilares	Similares a las de tipo I	Mayor tamaño Baja dotación mitocondrial Menor grosor de la línea Z Mayor desarrollo del retículo sarcoplasmático Menor número de células satélite Bajo número de capilares
<b>Características metabólicas</b>	Riqueza en enzimas oxidativas Escaso glucógeno Baja actividad fosforilasa Moderado contenido en lípidos	Similares a las de tipo II X	Pobre en enzimas oxidativas Alto contenido en glucógeno Alta actividad fosforilasa Escaso contenido en lípidos
<b>Características funcionales</b>	Contracción lenta Baja susceptibilidad a la fatiga	Contracción rápida Baja susceptibilidad a la fatiga (intermedias)	Contracción muy rápida Alta susceptibilidad a la fatiga

### 1.3.2. Proceso de la Contracción Muscular

Fueron Huxley & Hanson (1954) quienes demostraron que el citoesqueleto contráctil de las fibras musculares estriadas estaba formado por dos tipos de filamentos proteicos separados entre sí y dispuestos en una doble distribución hexagonal, es decir, propusieron la teoría de los filamentos deslizantes, la cual, sigue vigente en la actualidad.

El proceso de contracción muscular, como parte de la multivariedad de actividades ejercidas por el cuerpo humano se explica dentro de un gran número de fenómenos y reacciones fisiológicas importantes, donde absolutamente todos los sistemas orgánicos intervienen, con el fin de dar respuesta a las demandas impuestas por él mismo (Sánchez, 2012). El proceso de contracción muscular inicia con la activación por parte del sistema nervioso central; es allí en las motoneuronas, donde se da comienzo a este paso mediante la estimulación de los botones terminales, los cuales son vesículas terminales presentes en los axones de cada neurona motora (Sánchez, 2012; Stryer, Berg, & Reverté, 2008); dichas vesículas contienen un grupo de elementos químicos los cuales son enviados a través de las membranas sinápticas (Berg, 2008), si el impulso es suficiente, se transmitirá un potencial eléctrico a través del sarcolema, generándose un potencial de acción.

En aras de regular esta función, las vesículas neuronales facilitan la salida del Acetil colina; este neurotransmisor llega a la placa motora, traspasando las membranas pre sináptica y pos-sináptica, donde se une a los receptores nicotínicos, los cuales permiten el ingreso de este neurotransmisor al sarcoplasma, lo anterior con el fin de activar los canales de calcio a nivel del músculo esquelético (Sánchez, 2012). Al despolarizar el sarcoplasma se facilita la salida del calcio a través de las cisternas que contienen el mismo; este calcio se une a la troponina C activa, la cual forma parte de la estructura molecular de la actina, de modo que esta molécula pueda unirse a los puentes activos de calcio, moléculas constituyentes de la miosina, con el fin de que estas dos proteínas puedan unirse y facilitar el deslizamiento de la actina sobre la miosina, acortando de esta manera el sarcómero y favoreciendo la contracción muscular activa (Koolman, 2005).

El proceso de forma más detenida puede ser descrito de la siguiente forma según (Sanz-Ramírez, 2015). El proceso de contracción muscular se asienta en un deslizamiento de los filamentos de actina a lo largo de los filamentos de miosina, acortándose la distancia entre 2 discos Z. Para que se desencadene este proceso se necesita de un impulso nervioso que es transmitido por el nervio motor, cada neurona motora está conectada a una serie de fibras musculares conformando la unidad motora. En reposo los filamentos finos y gruesos se solapan ligeramente, al liberarse calcio al interior del mioplasma éste interactúa con la Troponina C, que se desenlaza de la Tropomiosina cambiando su estructura y liberando los espacios de unión del complejo Actina-Miosina. Una vez liberados estos espacios de unión las cabezas de las miosinas se unirán a la actina, una vez unidos se producen cambios en las fuerzas intermoleculares entre la cabeza y el brazo provocando que la cabeza se incline hacia el brazo y arrastre tras de sí el filamento de Actina produciéndose un golpe de fuerza. En el proceso de reacción de la actina con la miosina se produce la activación de ATPasa miofilar que hidrolizará ATP obteniendo ADP+Pi. Con la energía obtenida las cabezas de miosina se liberan de su unión con la actina, cargándose de energía y quedando dispuesta para una nueva reacción. A este proceso se le conoce como ciclo de los puentes cruzados (Balius-Matas & Pedret-

Carballido, 2013; González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 1995; González-Badillo & Ribas-Serna, 2002; 2019).

A producirse una contracción muscular, no se activan todas las unidades motoras. Se conoce como "unidad motora" al conjunto conformado por una motoneurona y el grupo de fibras que inerva, siendo ésta la mínima parte de un músculo que puede hacerse contraer en forma independiente (Parodi-Feye, 2017). Las unidades motoras más pequeñas, las de contracción lenta, se reclutarán para satisfacer las necesidades de las cargas de trabajo más sencillas o de baja intensidad. Las unidades motoras de contracción rápida harán su contribución y se reclutarán a medida que el trabajo vaya incrementando su intensidad hasta llegar al máximo (Balius-Matas & Pedret-Carballido, 2013). En conclusión, a medida que el trabajo se hace más intenso se produce una contribución adicional por parte de las fibras II A y II X que se suma al ya ejecutado por las fibras tipo I. Esta secuencia recibe el nombre de "principio de talla" o ley de Henneman (Henneman, 1957), ya que primero se activan las unidades motoras de menor talla para luego activarse las de mayor tamaño. En la actualidad, se considera que la ley de Henneman no es aplicable a los movimientos cortos y veloces, ya que las unidades motoras no seguirían el principio de talla para reclutarse, ya que las fibras rápidas (II A y II X), serían las primeras en contraerse de forma veloz (Balius-Matas & Pedret-Carballido, 2013; Sale, 1992).

#### 1.3.2.1. Ciclo de estiramiento-acortamiento

Según González-Badillo & Ribas-Serna, (2002) y Svantesson, Österberg, Thomee, Peeters, & Grimby, (1998), el entendimiento de los procesos que regulan la fuerza durante la realización de movimientos con la producción del ciclo estiramiento acortamiento (CEA), que son los habituales en nuestra conducta motora sin o con entrenamiento, es muy complejo. Hasta ahora nos habíamos centrado en los procesos que tienen lugar en las propias fibras musculares y en cómo las motoneuronas pueden controlar el grado y tiempo de activación de las fibras musculares a su cargo. Sin embargo, el funcionamiento en modo real del músculo esquelético requiere un alto grado de información.

El músculo esquelético consta de numerosos y distintos receptores sensoriales. Estos receptores son estructuras nerviosas microscópicas especializadas en detectar cambios en magnitudes físicas y traducirlas al lenguaje común del sistema nervioso, cambios eléctricos a través de la membrana neuronal y transmitirlas a aquellos centros nerviosos que controlan nuestra actividad (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002).

Resulta evidente que para acortar o elongar un músculo es necesario conocer la situación de la que se parte. De la misma forma, cuando se aplica fuerza es necesario conocer la magnitud de la fuerza ejercida. Por ello, el músculo esquelético posee dos tipos de receptores especializados en estas tareas: los husos musculares y el órgano tendinoso de Golgi.

- **Husos musculares:** También llamado receptor de estiramiento, es una pequeña cápsula de tejido conectivo con forma de huso, de 2-3 mm de largo por 0.15 mm de diámetro, en cuyo interior hay de 5 a 11 fibras musculares conocidas como intrafusales (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002). Estos husos musculares están insertos en los músculos, cubiertos por tejido conectivo y siempre en paralelo a las fibras extrafusales que son las fibras generadoras de fuerza en los

músculos esqueléticos (Guillone, 2015). Desde un punto de vista funcional, el huso muscular se encarga de detectar con precisión los cambios de longitud de las fibras musculares.

- **Órgano tendinoso de Golgi:** Se localizan en las uniones de los músculos y los tendones. En un músculo el número de estos receptores suele ser la mitad o 1/3 del número de husos musculares. Son fibras nerviosas entremezcladas entre las fibras tendinosas y sus dimensiones son alrededor de 0.8 mm de largo por 0.5 mm de diámetro (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002). Son sensibles a la fuerza contráctil e informan a la médula espinal y al cerebro sobre los niveles de tensión muscular ejercido, de manera tal que se pueda realizar, en caso de ser necesario, cualquier corrección en los niveles de fuerza muscular aplicada (Guillone, 2015).



**Ilustración 14.** Localización de husos musculares y órgano tendinoso de Golgi (Imagen de Google).

Fue el profesor Rodolfo Margaria durante la década de los 60, el primero en hablar de la relevancia del CEA (García-López, Herrero-Alonso, & De Paz-Fernández, 2003). Este investigador y médico demostró que una contracción concéntrica precedida de una excéntrica podía generar mayores niveles de fuerza que una contracción concéntrica aislada.

El CEA consiste exactamente en eso, en la combinación de una contracción excéntrica (CE) a la que sigue inmediatamente una contracción concéntrica, con lo cual se obtiene una mejora del trabajo producido gracias al reflejo de estiramiento o miotático y a la elasticidad muscular o capacidad del músculo para almacenar energía elástica durante el estiramiento y utilizarla parcialmente en la contracción realizada inmediatamente después (Palao, Saenz, & Ureña, 2001; Svantesson *et al.*, 1998). Para entender que son este tipo de contracción, Vogt & Hoppeler, (2014), indican que el trabajo positivo es una consecuencia de las contracciones concéntricas, es decir, las contracciones en las cuales los músculos activados se acortan ("acortamiento de la contracción") y por lo tanto proporcionan el trabajo externo. Las CE se definen como actividades musculares que ocurren cuando la fuerza aplicada al músculo excede la fuerza momentánea producida

por el propio músculo, es decir, las CE se usan generalmente para desacelerar o frenar o para absorber energía.

En fútbol, tanto los saltos, los sprints o los cambios de dirección (COD), son acciones explosivas y esenciales para futbolistas jóvenes y adultos (Meylan & Malatesta, 2009). El rendimiento de estas acciones se ve favorecido por el CEA, ya que, maximiza la producción de fuerza muscular, mejora la eficiencia del movimiento y aprovecha las propiedades elásticas de músculos y tendones para almacenar energía durante el contramovimiento y liberarla durante la propulsión (Falces-Prieto *et al.*, 2018).

#### **1.4. Manifestaciones de la Fuerza**

La fuerza tiene tal trascendencia en el gesto deportivo que solamente con la valoración de la misma es suficiente para poder dirigir correctamente muchos aspectos del entrenamiento. Por ello, debemos conocer la definición de las distintas manifestaciones de la fuerza y, por ende, un correcto entendimiento terminológico que nos ayude a organizar los objetivos del entrenamiento, además, de establecer una terminología común y adecuada.

##### **1.4.1. Fuerza Aplicada**

La fuerza aplicada surge de la interacción entre fuerzas internas y externas (Aullana-Ibáñez, 2015). La fuerza aplicada es el resultado de la acción muscular sobre las resistencias externas, que pueden ser el propio peso corporal o cualquier otra resistencia o artefacto ajeno al sujeto (Heredia-Elvar & Peña-García-Orea, 2019). Por tanto, la fuerza aplicada es la manifestación externa que se hace de la tensión interna generada en el músculo en un tiempo o a una velocidad determinada (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002; Heredia-Elvar & Peña-García-Orea, 2019).

##### **1.4.2. Fuerza Máxima**

La fuerza máxima (FM) es la mayor fuerza que es capaz de desarrollar el sistema nervioso y muscular por medio de la contracción máxima voluntaria (Medina-Maes, 2015). Esta fuerza es la que se toma en cuenta para poder dosificar las cargas mediante un test de FM. Generalmente esta fuerza se determina mediante una repetición máxima (RM) del ejercicio (Sebastiani & González, 2000).

###### **1.4.2.1. Fuerza Isométrica Máxima.**

La fuerza isométrica máxima (FIM) es el pico máximo de fuerza que se mide cuando no hay movimiento. Esta fuerza es la máxima fuerza voluntaria que se aplica cuando la resistencia es insuperable (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002). Esta fuerza se expresa en N.

###### **1.4.2.2. Fuerza Dinámica Máxima**

Según González-Badillo & Ribas-Serna (2002), si la resistencia que se utiliza para medir la fuerza se supera, pero sólo se puede hacer una vez, la fuerza que medimos es la fuerza dinámica máxima (FDM). Esta fuerza se expresa en N. Cuando no se dispone de instrumentos de medida, se puede expresar en kg, pero desconoceríamos la fuerza aplicada. Se suele considerar como el valor de una RM.

### **1.4.3. Fuerza Absoluta y Fuerza Relativa**

La fuerza absoluta se define como la capacidad de un deportista a ejercer la máxima fuerza sin tener en cuenta su peso corporal. Sin embargo, si hablamos de la fuerza relativa, esta sí lo tiene en cuenta y es representada por el cociente entre la fuerza absoluta y su peso corporal (Alonso-Molero, 2020).

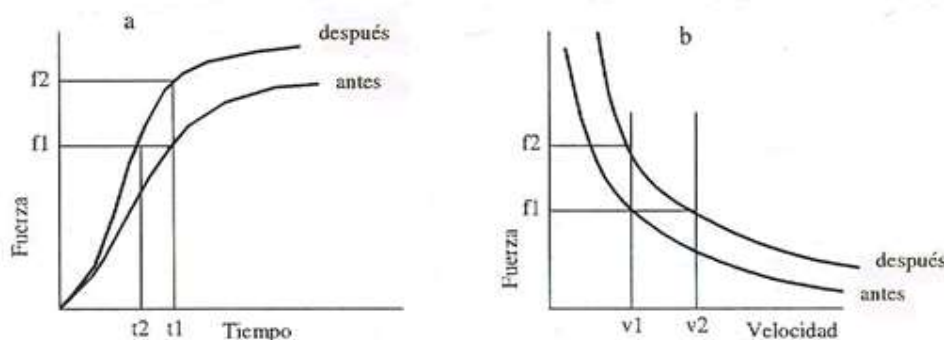
### **1.4.4. Fuerza Explosiva**

La fuerza explosiva (FE) es el resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello González-Badillo & Ribas-Serna (2002). La FE es la capacidad de aumentar la fuerza o el torque lo más rápido posible durante una contracción voluntaria rápida realizado desde un nivel bajo o en reposo (Maffiuletti et al., 2016).

Por tanto, la FE es la producción de fuerza por unidad de tiempo y se expresa en  $N \cdot s^{-1}$ . A nivel internacional y científico, la única expresión de fuerza explosiva es la denominada “rate of force development, RFD” (Maffiuletti *et al.*, 2016), que significa “proporción, tasa o velocidad de desarrollo o producción de fuerza en relación con el tiempo” González-Badillo & Ribas-Serna (2002). Podemos concluir, que la FE es en la que mayor incremento de tensión muscular (manifestación de fuerza) por unidad de tiempo, y, por tanto, está presente en todas las manifestaciones de la fuerza (Heredia-Elvar, Costa, Chulvi-Medrano, & Isidro-Donate, 2006).

#### **1.4.4.1. Curva fuerza-tiempo y Curva fuerza-velocidad**

La relación fuerza tiempo puede venir expresada a través de la curva fuerza-tiempo (C f-t) y de la curva fuerza-velocidad (C f-v) (Friedli & Meyer, 1984; González-Badillo & Ribas-Serna, 2002). La C f-t puede utilizarse tanto para mediciones estáticas como dinámicas, mientras que la C f-v, sólo para mediciones dinámicas. Cualquier modificación que se produzca en la C f-t, vendrá reflejada en la C f-v y viceversa. Las modificaciones positivas en la C f-t se producen cuando la curva se desplaza hacia la izquierda y hacia arriba y en la C f-v se producen cuando la curva se desplaza hacia la derecha y hacia arriba. (ver ilustración 15).



**Ilustración 15.** A. Curva fuerza-tiempo. B. Curva fuerza-velocidad. (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002).

#### 1.4.4.2. Fuerza Explosiva Máxima

Cuando realizamos infinitas mediciones de la FE entre los puntos de la C f-t, existe un momento en donde la producción de fuerza es el más alto de toda la curva. A este valor se le conoce como RFD máxima. A este valor se le llama en castellano, fuerza explosiva máxima (FEM) y es la máxima producción de fuerza por unidad de tiempo en toda la producción de fuerza o la mejor relación fuerza-tiempo de toda la curva. En el momento de alcanzar esta RFD máxima, el sujeto está manifestando una fuerza muy próxima al 30% de la FIM que el sujeto alcanzará en esta misma activación voluntaria máxima que está ejecutando (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002).

Por tanto, los ejercicios explosivos (o acciones explosivas) no son los que se producen a gran velocidad, sino aquellos en los que se alcanza la máxima o casi máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo (Schmidbleicher, 1992).

#### 1.4.7. Fuerza Útil

La fuerza útil (FU) correspondería a la fuerza que se aplica el deportista cuando realiza su gesto específico de competición (Garrido-Chamorro, Blasco-Lafarga, Alberto-Giménez, & Navalón-Torres, 2008; Garrido-Chamorro, Blasco-Lafarga, Alberto-Giménez, Poveda-Pagán, & Mas-Martínez, 2007; González-Badillo & Ribas-Serna, 2002). La mejora de este valor de fuerza debe ser el principal objetivo del entrenamiento y el que más relación va a guardar con el propio rendimiento. Esta fuerza se produce a la velocidad específica y en el tiempo específico del gesto de competición (González-Badillo, 2000; Jiménez-Reyes, Cuadrado-Peñafiel, & González-Badillo, 2011). En la mayoría de los casos, la velocidad y el tiempo específicos de un mismo sujeto no serán estables a lo largo de la carrera deportiva, ya que la mejora del rendimiento deportivo exigirá un aumento de la velocidad y la reducción progresiva del tiempo de aplicación de fuerza para superar una misma resistencia (González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 1995). Por ello, dada la importancia de la FU para el resultado deportivo y para la valoración del efecto del entrenamiento, este valor de fuerza debe ser el principal criterio de referencia para organizar el propio entrenamiento (González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 1995; González-Badillo & Ribas-Serna, 2002).



## 1.5. Métodos del entrenamiento de fuerza

### 1.5.1. Método tradicional

Ejercicios como la sentadilla, el press de banca, prensa piernas o el peso muerto, son algunos de los denominados ejercicios tradicionales de fuerza (Lohne-Seiler, Torstveit, & Anderssen, 2013). Estos ejercicios están asociados con una desaceleración de la carga hacia el final del rango de movimiento (Raya-González, 2017), llegando a desaceleraciones durante el 40-50% del movimiento cuando este se ejecuta a alta velocidad con cargas cercanas al 45% de 1 repetición máxima (1RM) (Newton, Kraemer, Häkkinen, Humphries, & Murphy, 1996). Además, esta fase de desaceleración está asociada con una reducción de la activación de la musculatura agonista y un posible incremento de la actividad de la musculatura antagonista para frenar la carga al final del movimiento (Newton et al., 1996). Este tipo de entrenamiento afecta la calidad de las repeticiones debido a la fatiga causada por la acumulación de ácido láctico (Samson & Pillai, 2018).

Como resultado de la reducida especificidad mecánica, la transferencia de los efectos de un entrenamiento con ejercicios tradicionales es reducida (Raya-González, 2017), pero a pesar de esto, este tipo de entrenamiento ha sido utilizado con éxito en la mejora de la potencia máxima dinámica (Lamas *et al.*, 2010), aunque se recomienda su uso combinándolo con otros movimientos más específicos mecánicamente hablando (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011).

Dentro de esta categoría debemos diferenciar entre ejercicios tradicionales con peso libre, los cuales presentan una resistencia constante con diferentes momentos de fuerza a lo largo del rango de movimiento, y ejercicios tradicionales con máquinas, que también ofrecen una resistencia constante, pero favorecen un mayor equilibrio y estabilización de otros grupos musculares (Tous-Fajardo, 1999).

### 1.5.2. Método olímpico

El entrenamiento de movimientos olímpicos o de halterofilia ha sido utilizado tradicionalmente para la mejora de la fuerza, fuerza explosiva, saltabilidad y velocidad. Este método de entrenamiento de la fuerza emplea la cargada, la arrancada y sus variaciones como ejercicios fundamentales (Hoffman *et al.*, 2004; Raya-González & Sánchez-Sánchez, 2018), el snatch, el clean y el jerk (Helland *et al.*, 2017). En esta ocasión la fuerza se ejerce a alta velocidad y con cargas de carácter máximo (Cormie et al., 2011). Además, los patrones de movimiento de los ejercicios olímpicos son similares a diferentes movimientos deportivos como el salto y el sprint (Raya-González, 2017), lo que favorece la transferencia al gesto deportivo (Cormie *et al.*, 2011), aunque es necesario dominar una buena ejecución técnica de estos ejercicios antes de ejecutarlos con cargas pesadas (Hoffman *et al.*, 2004). Por todo esto, los ejercicios olímpicos se consideran muy útiles y efectivos en los programas de entrenamiento de fuerza en los deportes de equipo, sobre todo para mejorar la potencia muscular del tren inferior (Hackett, Davies, Soomro, & Halaki, 2016; Helland *et al.*, 2017). Sin embargo, aunque los estudios transversales han documentado una asociación positiva entre el rendimiento del método olímpico y la potencia muscular de tren inferior, se han realizado pocos estudios de entrenamiento experimental para establecer la causa y el efecto (Hackett *et al.*, 2016).

### 1.5.3. Método balístico

Se trata de ejercicios en los que se ejecuta el movimiento a la máxima velocidad posible provocando el desplazamiento del propio cuerpo (squat jump) o de una carga externa (press de banca) (Cormie *et al.*, 2011). Al contrario de los ejercicios tradicionales, en estos no se aprecia ninguna fase de frenado, ya que se aplica una aceleración a lo largo de todo el rango de movimiento para poder proyectar la carga externa (Newton *et al.*, 1996). Esta ejecución los convierte en ideales para deportes de FE, incrementado de forma específica la velocidad concéntrica, la fuerza, la potencia y la activación muscular (Raya-González, 2017). La intensidad empleada en la ejecución de los ejercicios balísticos varía desde los ejercicios sin carga hasta el empleo de resistencia del 80% 1RM.

Como indican Ponce de León, Carreño-Vega, & Valdés-Cárdenas, (2018), la inclusión de movimientos balísticos como una forma de incrementar el desarrollo de la potencia en los entrenamientos, incluyen la realización de sentadillas o squats con carga externa entre el 90-100%, y realizar un movimiento entre el 40-50% para la misma región con salida del implemento en la misma sesión de entrenamiento, puede propiciar que el potencial para el desarrollo de la potencia sea superior.

### 1.5.4. Método pliométrico

Recientemente, se ha sugerido el entrenamiento pliométrico para proporcionar la velocidad y la explosividad necesarias para mejorar la capacidad de salto vertical (Zisis, 2013) y horizontal (Asadi *et al.*, 2018). La pliometría implica realizar actividades que involucren el CEA, para mejorar la capacidad de los músculos para generar energía (por ejemplo, saltar) (Behm *et al.*, 2017; Hackett *et al.*, 2016; Van de Hoef, Brauers, van Smeden, Backx, & Brink, 2020). Este tipo de entrenamiento mejora la capacidad del músculo-tendón para producir niveles máximos de fuerza en cortos periodos de tiempo (Sáez de Villarreal, Requena, & Cronin, 2012). Son ejercicios de naturaleza balística, y se suelen realizar sin resistencia externa o con una resistencia muy pequeña.

De Pedro-Múñez (2016) indica que existen dos tipos de pliometría en cuanto a su agresividad sobre las articulaciones del deportista: la pliometría de bajo impacto, la cual mejora fundamentalmente la fuerza elástico-explosiva, consistente en realizar una fase excéntrica rápida, pero con cierta profundidad, realizando una acción concéntrica explosiva a continuación, para terminar recepcionando el salto sin enlazar ninguna otra acción. Y la pliometría de alto impacto, diferenciándose de la anterior en que ésta sí enlaza acciones, aprovechando de forma contundente el reflejo miotático, de esta forma se utilizarán plataformas desde las que caer para desencadenar este reflejo, encadenamiento de saltos, etc. En los programas de pliometría se incluyen ejercicios tanto unilaterales como bilaterales, de salto, rebote, empuje, lanzamientos y sus variaciones (Behm *et al.*, 2017; Voisin & Scohier, 2019). Los ejercicios pliométricos se pueden adaptar para entrenar movimientos cortos con CEA de duración entre 100-250 ms o movimientos más largos con CEA de duración mayor a 250 ms (Sáez de Villarreal, Kellis, Kraemer, & Izquierdo, 2009).

La pliometría generalmente incluye ejercicios deportivos específicos incluyendo ejercicios para la musculatura de tren superior, aunque tradicionalmente se utiliza para el tren inferior, ya que es importante para carreras de velocidad, saltos y deportes con

rápidos COD (Wang & Zhang, 2016) y ha demostrado ser válida para una alta variedad de deportes, además de para mejorar la potencia de tren inferior (Wang & Zhang, 2016).

Se ha propuesto en el pasado que el entrenamiento pliométrico era perjudicial para la población joven, ya que, aumentaba el riesgo de lesiones y el retraso en el crecimiento (Lloyd, Meyers, & Oliver, 2011). Sin embargo, Falces-Prieto *et al.*, (2018), Bedoya, Miltenberger, & López, (2015) y Wang & Zhang (2016), han demostrado que el entrenamiento pliométrico puede ser beneficioso en deportistas jóvenes cuando se siguen pautas de entrenamiento apropiadas para su edad. Un metanálisis previo sobre adaptaciones de salto relacionadas con la edad al entrenamiento pliométrico en atletas jóvenes (Moran *et al.*, 2017) indicó mayores respuestas adaptativas entre 10 y 12,9 años y 16 y 18 años en comparación con 13 y 15,9 años. Entre los muchos beneficios del entrenamiento pliométrico, podemos encontrar el aumento de la función neuromuscular (Lloyd *et al.*, 2011), el aumento de la densidad mineral ósea (Witzke & Snow, 2000) y la disminución del riesgo de lesiones en el deporte (Bedoya *et al.*, 2015). Por estas razones y teniendo en cuenta el alto grado de especificidad del entrenamiento pliométrico respecto a una gran cantidad de deportes, se recomienda su inclusión en programas de mejora de la potencia máxima.

#### **1.5.5. Método excéntrico**

Las contracciones excéntricas, se han relacionado con dolor muscular tardío y deterioro funcional de la fibra muscular que se acompaña de una disminución transitoria de los niveles de fuerza máxima, potencia muscular y economía del gesto deportivo (Mosteiro-Muñoz & Domínguez, 2017).

Sin embargo, el entrenamiento con sobrecarga excéntrica se considera útil para la mejora de la fuerza excéntrica, provocando cambios en la estructura y función del músculo, que se materializan en un aumento del rendimiento (De Hoyo *et al.*, 2015a), prevención de lesiones (Askling *et al.*, 2003) o mejoras del proceso de readaptación físico-deportiva (Romero-Rodríguez, Gual, & Tesch, 2011). Además, se ha demostrado que, con el entrenamiento excéntrico, se mejora la eficiencia del metabolismo, presentando mayor resistencia a la fatiga y el aumento del VO<sub>2</sub>max durante las acciones excéntricas son insignificantes en comparación con las contracciones concéntricas o isométricas (Horstmann *et al.*, 2001; Ryschon, Fowler, Wysong, Anthony, & Balaban, 1997).

Actualmente, está adquiriendo gran popularidad un tipo de entrenamiento excéntrico basado en contracciones de alta velocidad e intensidad conocido como entrenamiento excéntrico con sobrecargas isoinerciales (Mosteiro-Muñoz & Domínguez, 2017). Gracias a los dispositivos isoinerciales, podemos conseguir valores más elevados de carga durante la fase excéntrica en comparación con el peso libre (Núñez, Suárez-Arrones, Cater, & Méndez-Villanueva, 2017), y en función de la experiencia previa y variable registrada, incluso más elevados que en la fase concéntrica (Tous-Fajardo, Maldonado, Quintana, Pozzo, & Tesch, 2006). Esta tecnología fue diseñada para el evitar el desentrenamiento y la atrofia muscular de los astronautas durante su estancia en el espacio. Depende de un volante de inercia el cual produce una mayor activación en la fase excéntrica en comparación con los ejercicios tradicionales (Raya-González, Suárez-Arrones, Risquez-Bretones, & Sáez de Villarreal, 2018).

Se ha propuesto que el entrenamiento excéntrico de tipo isoinercial puede ser un estímulo adecuado no sólo para mejorar los niveles de fuerza y potencia en población sana (Norrbrand, Pozzo, & Tesch, 2010) sino que, además, podría ser un sistema de entrenamiento óptimo para evitar estados sarcopénicos (Reeves, Maganaris, Ferretti, & Narici, 2005), incluso prevenir la aparición de lesiones y facilitar la recuperación de las mismas (Romero-Rodríguez *et al.*, 2011), producir una hipertrofia músculo-esquelética temprana (Sander, Keiner, Wirth, & Schmidtbleicher, 2013), mejoras en el salto vertical después de 90 días en cama (Rittweger, Felsenberg, Maganaris, & Ferretti, 2007) y mejoras en diferentes variables relacionadas con el rendimiento en el fútbol, tales como el salto vertical y el tiempo de sprint lineal y COD (De Hoyo *et al.*, 2015a). Debido a estos efectos se ha comenzado a incluir este método de entrenamiento dentro de los programas de fuerza en los deportes de equipo.

#### **1.5.6. Método de contrastes**

El método de contrastes (González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 1995), también denominado entrenamiento complejo (complex training) (Ebben & Watts, 1998), entrenamiento maxex (Bompa, 2007), método de estimulación (Verkhoshansky, 2007) y/o método búlgaro (Tous-Fajardo, 1999); de forma genérica consiste en la utilización, de manera alternada, de sobrecargas altas y bajas en la misma sesión de entrenamiento (González-Badillo & Gorostiaga-Ayestarán, 1995), ambos tipos de series se deben realizar con la máxima velocidad posible y dejando un tiempo de descanso suficiente entre series (3-5 min) para que se pueda manifestar la máxima potencia de ejecución en cada serie.

Este método es conocido entre los halterófilos como método búlgaro. Con su aplicación, se intenta asegurar una alta tasa de producción de testosterona plasmática al dividir el trabajo en varias sesiones y evitar que cada una de ellas sea demasiado larga (30-45') (Sáez, Abella, & García-Manso, 2006). En opinión de Ferrer-Contreras, (2007), el método de contrastes clásico (método búlgaro), tiene un objetivo mixto de mejora de la fuerza máxima y de la fuerza explosiva, que consiste en alternar cargas altas (70-90%) con ligeras (30-50%). Los dos tipos de series se ejecutan a máxima velocidad, pero dada la diferencia de intensidad (sobrecarga empleada), también se provoca de manera inevitable un contraste en la velocidad de ejecución. En el trabajo con cargas pesadas para incrementar la excitabilidad de las motoneuronas y el reflejo de potenciación, permite crear unas condiciones de entrenamiento óptimas para la realización posterior de ejercicios pliométricos (Verkhoshansky, 1990), fenómeno que se conoce como potenciación post activación (Sale, 2002).

Investigaciones sobre el entrenamiento de contrastes en adultos, mostraron mejores resultados para el salto vertical y el rendimiento anaeróbico que el entrenamiento de fuerza y el entrenamiento pliométrico de manera aislada (Buranarugsa, Oliveira, & Maia, 2012).

#### **1.5.7. Método vibratorio**

Recientemente se ha propuesto como un nuevo enfoque suave para aumentar el rendimiento neuromuscular (Kemmler, Engelke, & Kalender, 2012). Las vibraciones estimulan el sistema neuromuscular, activando la musculatura a través de los reflejos espinales (Palop-Montoro, Párraga-Montilla, Lozano-Aguilera, & Arteaga-Checa, 2015).

La investigación reciente ha demostrado que la vibración antes del ejercicio excéntrico puede prevenir el dolor muscular al reducir las concentraciones plasmáticas de creatina quinasa (Marín *et al.*, 2012). Como consecuencia de la detección de vibraciones por parte de los husos neuromusculares se provoca un aumento de la ratio de descarga de estas estructuras (Hagerman *et al.*, 2000). Esto produce un aumento de los potenciales motores evocados en los músculos sometidos a vibración, que supone una activación de los circuitos medulares en los que se basa el reflejo miotático (Kossev, Siggelkow, Kapels, Dengler, & Rollnik, 2001). De este modo se provoca mayor sincronización de unidades motoras a través de motoneuronas alfa. Además, este circuito parece estar mediado por las vías de los receptores cutáneos (Palop-Montoro *et al.*, 2015). En la misma línea, Manonelles-Marqueta, Giménez-Salillas, Álvarez-Medina, & García-Rivas, (2007), indican que las vibraciones mecánicas, dependiendo de su frecuencia y amplitud, de la duración de las sesiones y del tiempo durante el cual se mantiene su aplicación, tienen diversos efectos en diferentes niveles del organismo como estimulación de numerosos receptores cutáneos y husos musculares (Cordo, Gurfinkel, Bevan, & Kerr, 1995), generación de reflejos como el reflejo tónico vibratorio o de ciclo corto de estiramiento, cambios en las concentraciones de neurotransmisores como la dopamina o la serotonina, cambios en la concentración de hormonas como la cortisona, que descende su concentración mediante la vibración (Bosco *et al.*, 2000), la hormona del crecimiento, que aumenta su concentración (Bosco *et al.*, 2000; Cardinale & Pope, 2003) y la testosterona (Bosco *et al.*, 2000; Cardinale & Pope, 2003) y prevención de la sarcopenia y posiblemente de la osteoporosis (Cardinale & Pope, 2003).

Como consecuencia de los variados efectos de las vibraciones sobre el cuerpo, se han encontrado diversas aplicaciones tanto en el tratamiento de diversos procesos patológicos como en múltiples aspectos de la preparación física y del entrenamiento deportivo (Manonelles-Marqueta *et al.*, 2007).

### **1.5.8. Método con electroestimulación**

En los últimos tiempos ha tomado importancia el uso de la electroestimulación muscular integral (EMI) (Veldman, Gondin, Place, & Maffiuletti, 2016). En el año 1966 comienzan a aparecer electroestimuladores específicos para deportistas como el Compex Sport®. Aunque los deportistas de competición fueron los primeros en probarlo, actualmente se utiliza para todo tipo de población, ya sean deportistas de alto rendimiento, deportistas populares o amateurs o simplemente aquellas personas que quieren mejorar su condición física (Pombo-Fernández, Rodríguez-Barnada, Brunet-Pàmies, & Requena, 2004).

Esto se debe a que las empresas del sector fitness han tratado de comercializar los beneficios de la EMI como otro en la larga línea de esquemas de "ponerse en forma rápido", por ello es un atractivo para atraer a muchas personas que no tienen el tiempo o motivación para realizar entrenamientos programados o periódicos (Porcari *et al.*, 2005).

Con la EMI, al ser un conjunto de placas eléctricas que se adhieren al cuerpo, y no molestan a la hora de realizar el movimiento, es obvio que también podemos ser capaces de reproducir el movimiento deportivo con exactitud (Almada, Molina-Martín, Tregón, & García, 2016), y además parecer ser que somos capaces de reclutar un mayor número de fibras en cada uno de los movimientos, dado que a la contracción voluntaria le sumamos la contracción producida como respuesta al estímulo eléctrico (Currier & Mann,

1983), y por lo tanto, generar más FU, y en consecuencia, conseguir un mayor rendimiento en el ámbito deportivo (Haff, Whitley, & Potteiger, 2001; Harris, Stone, O'Bryant, Proulox, & Johnson, 2000), además de reproducir el movimiento deportivo alta similitud. Sin embargo, sus principales desventajas se encuentran en la inhibición del reflejo miotático y la función del órgano tendinoso de Golgi, lo que aumenta el riesgo de lesiones si su uso no es adecuado (Jubeau, Zory, Gondin, Martin, & Maffiuletti, 2006; Requena, Puche, & González-Badillo, 2005), y en la incapacidad para mejorar la coordinación muscular agonista-antagonista (Holcomb, 2005).

En definitiva, la EMI se usa con frecuencia como técnica de entrenamiento de fuerza para adultos y deportistas sanos, pero también como herramienta de rehabilitación para aumentar o preservar los músculos función y masa en individuos con debilidad muscular o pacientes que no pueden realizar contracciones voluntarias (Esteve *et al.*, 2017; Veldman *et al.*, 2016).

### **1.5.9. Método con autocargas**

Un método generalmente utilizado para el entrenamiento de fuerza es el de autocargas (propio peso corporal) (Cervera, 1996; Falces-Prieto *et al.*, 2020; Harrison, 2010; Klika & Jordan, 2013). Este método es ampliamente utilizado e investigado en grupos prepúberes, jóvenes (Faigenbaum & Myer, 2010; Peña *et al.*, 2016) y ancianos (Kanda *et al.*, 2018; Watanabe *et al.*, 2015). Esta forma relativamente impopular de entrenamiento de fuerza ha experimentado un desarrollo dinámico en los últimos años, debido al hecho de que beneficia la fuerza muscular, la resistencia y la aptitud cardiorrespiratoria (Lipecki & Rutowicz, 2015; Lipecki & Ziarkowski, 2012). Además, Algunas el entrenamiento basado en circuitos de fuerza utilizando el peso corporal, podrían promover (o mantener) adaptaciones neuromusculares y aeróbicas (Jukic *et al.*, 2020).

En cuanto al entrenamiento con el propio peso corporal podría denominarse como un método apropiado para alcanzar y mantener una buena condición física en una época en la que existe una gran preocupación por los gastos económicos. Este tipo de entrenamiento no se limita únicamente a las flexiones y dominadas, sino que esta tendencia permite la “vuelta a lo básico” (Thompson, 2016), utilizando una gran variedad de movimientos simples y dinámicos generalmente usando un mínimo equipo o aparatos (Probst *et al.*, 2011). La necesidad mínima de recursos te permite llevar a cabo las sesiones de ejercicio físico en espacios externos y con ello aprovecharse de unos beneficios derivados para la salud y el bien estar (Peplonska *et al.*, 2008). Para dotar de mayor valor a este planteamiento se puede acudir a la encuesta mundial sobre las tendencias del sector del Fitness en el 2017. En cabeza, junto a la tecnología wereable, en el puesto segundo y tercero se encuentran el entrenamiento con el propio peso corporal y el HIIT respectivamente (Thompson, 2016).

A modo de conclusión estos entrenamientos pueden englobarse en las metodologías “crosstraining” (O'Keefe, Vogel, Lavie, & Cordain, 2011) que buscan un entrenamiento concurrente (Coffey & Hawley, 2007). Se pretende mejorar la capacidad aeróbica y la fuerza de manera simultánea movilizand un gran volumen de grupos musculares con patrones motores básicos del movimiento humano, como saltos, carreras, empujes y tracciones (De los Ríos-Calonge, 2017). No obstante, en la mayoría de los casos, esta metodología exige un gran esfuerzo y nivel de ejecución técnica, de lo contrario, los

movimientos se pueden hacer con poco control durante la ejecución (Falces-Prieto *et al.*, 2020; Navarro & Javier, 2007). Por lo tanto, se necesita mucha más investigación en esta modalidad.

#### 1.5.10. Otros métodos

En primer lugar, podemos hablar del método de entrenamiento con bandas elásticas, que se utiliza a menudo en el entrenamiento de fuerza y la rehabilitación de lesiones deportivas, debido al bajo costo, practicabilidad y portabilidad (Biçer, Özdal, Akcan, Mendes, & Patlar, 2015).

En el trabajo de resistencia con bandas elásticas, se aplica la ley de Hooke, quien expresa que: «la resistencia o bien la carga se incrementa en proporción a la elongación. Esto significa que cuanto mayor sea la elongación de un extensor o banda elástica, mayor será su resistencia (Ponce de León, 2019). Poblete-Valderrama, Flores, Castro-Espinoza, Cubillos-Ojeda, & Ayala-García, (2016), determinan que el entrenamiento intenso con bandas elásticas contribuye al desarrollo de la fuerza muscular, inducido por el aumento gradual de la resistencia de las mismas. Es importante destacar que el entrenamiento de fuerza usando bandas elásticas parece tan efectivo como otros métodos de entrenamiento de fuerza más tradicionales (Colado *et al.*, 2010), produciendo efectos positivos sobre variables neuromusculares, antropométricas y metabólicas (Liao *et al.*, 2018; Miranda-Aguilar *et al.*, 2020). Esto se debe a que las bandas elásticas proporcionan un reclutamiento de fibras glucolíticas y rápidas con relación a la velocidad, teniendo en cuenta el trabajo de elementos contráctiles de los músculos dentro del CEA (Turner & Jeffreys, 2010).

Anderson, Sforzo, & Sigg, (2008), evidenciaron que sujetos entrenados en fuerza de varias modalidades deportivas, obtuvieron mayores ganancias en 1 repetición máxima (RM) en sentadilla y press banco, al igual que una mayor potencia media y pico de miembros superiores e inferiores cuando combinaron ejercicios de fuerza con barra y banda elástica marca BNS Bungee System, Power-Up USA. Igualmente, sujetos entrenados recreacionalmente en pesas, al utilizar banda elástica evidenciaron en el ejercicio de sentadilla una mayor actividad muscular (electromiografía) del músculo vasto lateral durante la primera parte de la fase excéntrica y última parte de la fase concéntrica muscular, alterando la curva fuerza-tiempo, velocidad-tiempo en este movimiento a diferencia de realizar la sentadilla únicamente con peso (Israetel, McBride, Nuzzo, Skinner, & Dayne, 2010). Por lo tanto, podemos indicar que los programas de entrenamiento con bandas elásticas han demostrado ser apropiados para el desarrollo y aumento de fuerza en jóvenes, ancianos, pacientes y atletas (Biçer *et al.*, 2015).

Otro de los métodos es el conocido como método oclusivo (MO) o restricción del flujo sanguíneo (RFS). Esta metodología de entrenamiento tiene su origen hace 30 años en Japón, donde Yoshiaki Sato lo popularizó sobre 1985 comercializándolo como entrenamiento KAATSU (Manini & Clark, 2009). La característica principal de este tipo de entrenamiento reside en aplicar una presión que alcance o supere la tensión arterial sistólica (Manini & Clark, 2009). Para ello, se ha recomendado el empleo de manguitos de oclusión en los que se regularía la presión en función de la anchura y el tamaño del manguito, soliendo variar ésta entre valores de 100 a 200 mmHG (Reina-Ramos & Domínguez, 2014). En cualquier caso, en la práctica real, en ocasiones se utilizan otros

materiales como bandas elásticas, cinchas hinchables o torniquetes quirúrgicos como sustitutivos de los manguitos de presión (Martín-Hernández, Marín, & Herrero, 2011).

En cuanto a la modalidad de ejercicio, la RFS se ha utilizado generalmente en el entrenamiento de fuerza, utilizando cargas de baja intensidad, situadas entre el 20-50% de 1 RM (Reina-Ramos & Domínguez, 2014), postulándose como una alternativa de entrenamiento óptimo para alcanzar objetivos en cuanto a hipertrofia muscular (Takarada, Tsuruta, & Ishii, 2004). La RSF favorece el reclutamiento de unidades musculares tipo II ante bajas intensidades de trabajo (Takarada *et al.*, 2000) debido a la situación de hipoxia localizada necesariamente requiere aumentar el metabolismo anaeróbico láctico para poder hacer frente a la resíntesis de ATP (Abe, Kearns, & Sato, 2006). La imposibilidad de retorno de parte de la sangre venosa, como respuesta a la oclusión, hace que el volumen sistólico disminuya y que, como consecuencia, tanto la frecuencia cardíaca (Takano *et al.*, 2005) como la tensión arterial (Abe *et al.*, 2012) tengan que elevarse con objeto de normalizar el gasto cardíaco. Por tanto, el entrenamiento con RFS puede ser una metodología de entrenamiento con efectos similares al observado con entrenamientos convencionales con cargas elevadas y es óptima en personas que busquen incrementar sus niveles de masa muscular, especialmente en aquellas condiciones en las que el entrenamiento con altas cargas no esté indicado (Reina-Ramos & Domínguez, 2014).

## **1.6. Efectos de los métodos del entrenamiento de fuerza en el fútbol**

### **1.6.1. Efectos del método tradicional**

Debemos recordar que ejercicios como la sentadilla, el press de banca, prensa piernas o el peso muerto, son algunos de los denominados ejercicios tradicionales de fuerza (Lohne-Seiler *et al.*, 2013).

De Hoyo *et al.*, (2015b) indica que el uso del half squat (HS), produce una serie de mejoras fundamentales para el rendimiento, ya que no solo produce adaptaciones fisiológicas, sino que consigue mejorar diferentes variables relacionadas con la consecución del éxito en el fútbol, como son el salto vertical y el tiempo en sprint en diferentes distancias. El estudio de Bogdanis *et al.*, (2011), realizado con jugadores griegos profesionales (n=18) durante las 6 semanas de pretemporada en las que dividió al equipo en dos grupos y cada uno de ellos ejecutó el mismo ejercicio (HS) pero variando la carga (4 series de 5 repeticiones al 90% de 1RM con 3 minutos de recuperación entre series ó 4 series de 12 repeticiones al 70% de 1RM con 1 minuto y 30 segundos de recuperación entre series). Los resultados mostraron en ambos grupos mejoras en diferentes variables relacionadas con la resistencia (capacidad de repetir sprint [RSA], economía de carrera [EC], VO<sub>2</sub>max), valores que se pueden ver influenciados no solo por la intervención, sino por el entrenamiento regular realizado en pretemporada.

Rønnestad, Nymark, & Raastad, (2011), plantearon un programa de entrenamiento basado en HS (3 series de 10 a 4 RM) para pretemporada e inicio de temporada (10 semanas con 2 sesiones semanales) con jugadores noruegos profesionales (n=14). Los resultados arrojaron mejoras significativas ( $p < 0.005$ ) en 1RM HS (kg) del 19%, en el squat jump (SJ) (cm) del 3.3% y en la velocidad máxima (m/s) en 40 m del 1.8%. Zisis *et al.*, (2013), emplearon un entrenamiento de fuerza tradicional en jóvenes futbolistas amateur griegos ( $16.7 \pm 1.1$  años), durante 8 semanas y con una frecuencia de 2 días a la semana, utilizando prensa de piernas, HS y extensión de cuádriceps, haciendo 3 series de



10 repeticiones con un 80% RM y 3 minutos de recuperación. Los resultados indicaron un aumento del 8% en el Jump and Reach test ( $p<0.05$ ).

Sander *et al.*, (2013), examinaron la influencia del entrenamiento de fuerza periodizado durante 2 años (2009-2011) en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=134$ ) y sus efectos sobre la potencia. Los jugadores fueron divididos en tres grupos de edad: A (sub 19), B (sub 17) y C (sub 15). Cada grupo dividido en grupo control (GC) y grupo fuerza (GF). GC sólo realizaron entrenamiento específico de fútbol durante las 2 temporadas. GF, además del entrenamiento de fútbol, realizó 2 sesiones de fuerza a la semana en días no consecutivos que abarcaban ejercicios como: sentadillas, back squat, press de banca, peso muerto, entre otros. Los sujetos fueron evaluados en una repetición 1RM de la sentadilla frontal y back squat y un sprint lineal de más de 30 m. Los resultados indicaron mejoras en el GF para la variable 1RM ( $p<0.001$ ) y en sprint ( $p<0.05$  a  $p<0.001$ ) de hasta un 6%.

Brito, Vasconcellos, Oliveira, Krstrup, & Rebelo, (2014), propusieron un programa de entrenamiento basado en tres ejercicios: HS (6 reps 85%), extensión de gemelos (6 reps 90%) y extensión de piernas (6 reps 80%), el cual se aplicó en futbolistas portugueses universitarios durante 9 semanas en temporada, los cuales mejoraron significativamente ( $p<0.005$ ) en 1RM squat (kg), 1RM flexión plantar (kg), 1RM extensión de rodillas (kg), y tiempo de sprint en 20 m (s).

Spinetti *et al.*, (2016), plantearon un estudio durante un período de ocho semanas, realizado tres veces por semana (24 sesiones) durante la temporada, realizando entrenamiento de fuerza tradicional basados en Squat, peso muerto, barra olímpica, flexo-extensión de rodilla en máquina y adducción de cadera en máquina, en jugadores de fútbol masculino (edad:  $18.4 \pm 0.4$  años), que pertenecían a la categoría U20 del Fluminense FC. Las cargas fueron el día 1 del 12-15 RM 2 sries con 1 minuto de recuperación, día 2 8-10 RM con 3 series con 2 minutos de recuperación y día 3 4-6 RM con 4 series y 3 minutos de recuperación. Los resultados arrojaron mejoras significativas en 1RM ( $121.7 \pm 19.6$  /  $155.5 \pm 29.4$ ,  $p<0.05$  y alto tamaño del efecto (TE): -1.72) y un aumento significativo en el grosor muscular del vasto intermedio ( $16.5 \pm 0.31$  /  $18.3 \pm 0.38$  mm,  $p=0.06$  y un TE moderado 0.5). Sin embargo, Spinetti *et al.*, (2018), a través del entrenamiento de fuerza tradicional en jugadores de fútbol masculinos jóvenes (edad:  $18.4 \pm 0.4$  años) durante un periodo de 8 semanas, no mostraron diferencias significativas dentro del grupo para ninguna de las variables analizadas en el estudio (variables de sprint, velocidad de cambio de COD y SJ).

Styles, Matthews, & Comfort, (2016), utilizaron futbolistas de élite ( $n=17$ ) a los que aplicaron un programa de entrenamiento de 6 semanas (2 días a la semana) en temporada. El entrenamiento consistió en back half squat y peso muerto (3-4 series de 3-5 repeticiones al 85-90% de 1RM) y Nordic hamstring (NH) (3 series de 3-6 repeticiones). Tras el análisis de los datos se encontraron mejoras significativas ( $p<0.001$ ) en el tiempo de sprint en diferentes distancias, 5.4% en 5 m (s), 2.7% en 10 m (s) y 1.3% en 20 m (s), así como en 1RM back half squat (BHS) (kg) del 19.1%.

De Hoyo *et al.*, (2016), llevó a cabo un programa de entrenamiento de 8 semanas (2 sesiones semanales durante la temporada) con jugadores de élite adolescentes ( $n=11$ ) que consistió en 2-3 series de 4-8 repeticiones de full back squat con una intensidad del 40-60% de 1RM. Una vez finalizada la intervención los participantes obtuvieron mejoras en

el CMJ (cm) del 6.3% (muy probable), en el tiempo de sprint en la distancia de 10 a 20 m (s) del 1.25% (muy probable) y de 50 m del 2% (muy probable).

En definitiva, y en la línea de Raya-González & Sánchez -Sánchez, (2018), podemos comprobar que el entrenamiento de fuerza basado en ejercicios tradicionales, produce mejoras principalmente en el nivel de fuerza del tren inferior (1RM) así como en la capacidad de salto vertical (SJ y CMJ). Además, algunos de los protocolos utilizados en futbolistas producen también mejoras en la capacidad de aceleración, velocidad máxima y el tiempo de sprint en diferentes distancias.

### 1.6.2. Efectos del método olímpico

Respecto a los ejercicios olímpicos destacamos la investigación de Hoffman *et al.*, (2004), en la que futbolistas estadounidenses universitarios ( $n=10$ ) llevaron a cabo, durante 15 semanas en el periodo transitorio y pretemporada, un programa de fuerza con ejercicios olímpicos (cargada, arrancada, etc.) realizando en cada sesión de entrenamiento de 3-5 series y de 3-8 RM de 5 ejercicios. El grupo experimental obtuvo una mejora significativa ( $p<0.005$ ) en el 1RM HS (kg) del 18%.

Gorostiaga *et al.*, (2004), aplicaron un programa de entrenamiento de fuerza en jóvenes jugadores de fútbol ( $n=10$ , edad  $17.3\pm0.5$  años) con ejercicios olímpicos (power clean, cargada, etc). El entrenamiento consistió en dos sesiones de entrenamiento cada semana durante un período de 11 semanas. Estas sesiones de entrenamiento de fuerza explosiva duraron 25-30 minutos y reemplazaron la parte de la sesión de entrenamiento sin balón realizada por el control, los cuáles entrenaron en programas de entrenamiento en circuito de entrenamiento de resistencia muscular y estiramiento. Se permitieron períodos de descanso de 2 minutos entre cada serie y cada ejercicio. Los resultados para el grupo de entrenamiento de fuerza, resultaron en aumentos significativos en la porción de baja fuerza de la curva de salto vertical de carga (5-14% en  $CMJ_{0-30}$ ,  $p<0.01$ ) y en las concentraciones de testosterona total en reposo (7.5 %,  $p<0.05$ ). Además, en el mismo grupo se experimentaron cambios en  $CMJ_0$  se correlacionándose ( $p<0.05-0.01$ ) con los cambios en los sprints de 5 m ( $r = 0.86$ ) y 15 m ( $r = 0.92$ ).

La literatura nos indica que los ejercicios de estilo olímpico se caracterizan por ser seguros y altamente efectivos en grupos de edad de entre 13–15 años (Chatzinikolaou *et al.*, 2018). Sin embargo, debido al similar patrón de movimiento de los ejercicios olímpicos respecto a gestos deportivos explosivos se podría pensar que los beneficios en futbolistas podrían ser mayores respecto a otros métodos del entrenamiento de fuerza, aunque es cierto que no existen muchas investigaciones en las que la muestra utilizada sean futbolistas, y los ejercicios sean únicamente olímpicos, es decir, existe mucha combinación de ejercicios en los protocolos utilizados, por lo que es difícil establecer conclusiones y una búsqueda más precisa respecto a ellos.

### 1.6.3. Efectos del método balístico

Las intensidades empleadas para realizar los ejercicios balísticos varían desde los ejercicios sin carga hasta el empleo de resistencia del 80% 1RM (Raya-González & Sánchez -Sánchez, 2018).

Loturco, Ugrinowitsch, Tricoli, Pivetti, & Roschel, (2013), propusieron un programa entrenamiento de 6 semanas de duración (2 sesiones a la semana) durante la pretemporada. La muestra (n=32) fue dividida en dos grupos, (1. Grupo velocidad. n = 16;  $19.18 \pm 0.72$  años;  $173 \pm 6$  cm;  $72.7 \pm 5.8$  kg. 2. Grupo intensidad. n = 16;  $19.11 \pm 0.7$  years;  $172 \pm 4.5$  cm;  $71.8 \pm 4.6$  kg), los cuales realizaron el mismo entrenamiento de acondicionamiento previo durante las 3 primeras semanas (HS, 4x8 reps, 50-80% 1RM) para realizar un entrenamiento diferente cada grupo, basado en la modificación de la progresión de las cargas (velocidad o intensidad), las siguientes 3 semanas (Jump Squat 4 series de 4 repeticiones al 60%, 5 repeticiones al 45% y 6 repeticiones al 30% de 1RM el grupo velocidad y Jump Squat 4 series de 6 repeticiones al 30%, 5 repeticiones al 45% y 4 repeticiones al 60% de 1RM el grupo intensidad). Tras el periodo de intervención, el grupo velocidad obtuvo mejoras significativas ( $p < 0.05$ ) en 1RM jump squat (JS) (kg), del 19%, en la potencia media JS (W), del 18%, en la potencia propulsiva media JS (W), del 29.1%, en el tiempo de sprint en 10 m (s) del 4.3%, y en el salto vertical, obteniendo en SJ una mejora del 7.1% y en CMJ del 6.7%. Por su parte, el grupo intensidad obtuvo mejoras significativas ( $p < 0.05$ ) en 1RM JS (kg) del 22.1%, en la potencia media JS (W) del 20.4%, en la potencia propulsiva media JS (W) del 31.4%, en el tiempo de sprint en 10 m (s) del 1.6%, en SJ (cm) del 4.5% y en CMJ (cm) una mejora del 6.9.

Hernández & García, (2013), en su estudio compuesto por cuarenta y nueve jugadores juveniles de segundo y tercer año con una edad de ( $17.29 \pm 0.791$ ), peso de ( $68.12 \pm 6.84$  Kg) y una talla de ( $175.67 \pm 6.98$  cm), de las Rozas club de fútbol, que compitieron durante la temporada 2010-2011 en los torneos organizados por la Federación Madrileña de futbol. Los jugadores hacen parte de tres de los equipos juveniles del club; veintidós del juvenil B autonómica, doce juvenil C preferente, quince juvenil D preferente; se decidió, que uno de los tres equipos completo desempeñara el rol de grupo experimental y que los otros dos trabajaran como grupo control. Los grupos se definieron de la siguiente manera: GEX (P+F) veintidós sujetos ( $17.55 \pm 0.85$  años,  $69.27 \pm 5.95$  Kg,  $175.86 \pm 8.50$  cm), el juvenil B realizo el trabajo de potencia dos veces por semana, más su entrenamiento habitual cuatro veces por semana y un partido de competición. GC (F) veintisiete sujetos ( $17.07 \pm 0.67$  años,  $67.19 \pm 7.46$  Kg,  $175.51 \pm 5.61$  cm) los restantes jugadores de los juveniles C y D realizaron su entrenamiento habitual cuatro veces por semana, más el partido de competición el fin de semana, cumpliendo el rol de grupo control. Los ejercicios realizados fueron cargada de potencia, media sentadilla, salto contra resistencia y saltos continuos de 40 -50 cm. La variable evaluada fue la velocidad con cambio de dirección en 30m (VCD<sub>30</sub>). Sólo el GEX mejoró de manera estadísticamente significativa en (VCD<sub>30</sub>,  $p \leq 0.047$ ).

Por otro lado, Loturco *et al.*, (2015), indicaron que la aplicación durante 4 semanas de un entrenamiento de fuerza basado en el Jump Squat con 2-3 sesiones semanales (6 series de 4-8 repeticiones, con la carga óptima de potencia y 2 minutos de recuperación), obtuvieron mejoras estadísticamente significativas ( $p < 0.005$ ) del 4.9% en aceleraciones (s) de 0-5 m. Como podemos ver, los ejercicios balísticos proporcionan mejoras a

futbolistas en variables relacionadas con el rendimiento, aunque las referencias en la literatura son algo escasas.

#### 1.6.4. Efectos del método pliométrico

El entrenamiento pliométrico ha sido y es muy utilizado en el fútbol, tanto por su similitud gestual y posterior transferencia a gestos deportivos como por los beneficios que supone para los futbolistas que lo realizan (Cardozo & Yanez, 2017; Raya-González, 2017; Van de Hoef *et al.*, 2020).

En 2010 Chelly *et al.*, propusieron un programa entrenamiento pliométrico (hurdle jumps y drop jumps) de 8 semanas (2 sesiones semanales) durante la temporada, y tras la aplicación del mismo hallaron mejoras significativas ( $p<0.01$ ) del 9,75% en la velocidad máxima (m/s) y del 10% en la aceleración (m/s). Además, obtuvieron mejoras estadísticamente significativas ( $p<0.01$ ) en el salto vertical (SJ 8.3% y CMJ 2.5%). Por otro lado, el objetivo de la investigación propuesta por Buchheit, Méndez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, (2010), fue conocer el efecto de un programa de entrenamiento pliométrico (saltos, escaleras de coordinación y sprint; 4-6 series 4-6 ejercicios; 45 segundos de recuperación entre series y 3 minutos de recuperación entre ejercicios) de 10 semanas en temporada sobre el rendimiento en la capacidad de respetir sprint o en ingles repeated sprint ability (RSA). Como resultados más destacables ( $p<0.005$ ) se encuentran las mejoras en RSA media (s) (0.80%) y mejor serie RSA (s) (0.16%), además de producir mejoras en CMJ (cm) (14.68%) y en el tiempo de sprint en 30 m (s) (1.96%).

Vácz, Tollár, Meszler, Juhász, & Karsai, (2013), plantearon con jugadores húngaros amateur ( $n=12$ ) un entrenamiento pliométrico de 6 semanas de duración (2 sesiones a la semana durante la temporada) que combinaba ejercicios unilaterales y bilaterales (2-6 series 5-10 repeticiones; 40-100 saltos/sesión). Tras el proceso de entrenamiento, los jugadores participantes presentaron mejoras significativas ( $p<0.05$ ) en T-sprint test (s) (2.5%), en el test de Illinois (s) (1.7%), en salto vertical profundo (cm) (8.9%) y en la MVIC (Nm) (7.5%). De la misma manera, en 2013 Michailidis *et al.*, propusieron un entrenamiento de pliometría de 2 sesiones semanales con una duración de 12 semanas en temporada que produjo mejoras significativas ( $p<0.005$ ) en jugadores pre-adolescentes ( $n=24$ ) en el tiempo de sprint en diferentes distancias, así como en el salto vertical, la agilidad y la fuerza de piernas.

Söhnlein, Müller, & Stöggel, (2014), aplicaron un entrenamiento pliométrico durante 16 semanas, que se realizó 2 días a la semana (día 1 orientación horizontal y vertical; día 2 orientación lateral) y que produjo mejoras significativas ( $p<0.005$ ) en los jugadores participantes en el tiempo de sprint (5 m: 3.8%, 20 m: 3.2% y 30 m: 2.5%) además de en diferentes test de salto (hurdle agility jump [HAR] 6.1%, test de 5 saltos (MB5) 11.8% y salto horizontal [HJ] 7.3%). Por su parte, Brito *et al.* (2014), realizaron un programa de 9 semanas en el que los jugadores ejecutaron 3 estaciones de ejercicios pliométricos (1: skipping+5 m; 2: 8VJ+3 remates cabeza; 3: 6VJ desde sentado+3drop jumps [DJ]) 2 días a la semana, mediante el cual obtuvieron mejoras significativas ( $p<0.005$ ) en el 1RM squat (kg), flexión plantar y extensión de rodillas (kg), y en el tiempo de sprint en 20 m.

En 2014, Ramírez-Campillo *et al.*, plantearon un programa de entrenamiento de 7 semanas basado en DJ (2 series de 10 repeticiones en alturas de 20-40-60 cm) con la

diferencia entre grupos del tiempo de recuperación entre series (30-60-120 s). Los tres grupos obtuvieron mejoras en el salto vertical (CMJ y DJ20 y 40) y en la distancia máxima de golpeo de balón (DMGB), sin que existieran diferencias significativas entre ellos. Solo en el tiempo de sprint 20 m hubo diferencias, ya que el único grupo que obtuvo mejoras significativas ( $p < 0.005$ ) en esta variable fue el grupo de 30 s. Siguiendo esta línea de trabajo, Ramírez-Campillo *et al.*, (2015b) realizaron con futbolistas junior ( $n=108$ ) durante 6 semanas, el mismo entrenamiento pliométrico que consistió en 13 ejercicios tanto unilaterales como bilaterales con orientación horizontal y vertical (2 series de 5-10 repeticiones) con la única diferencia que un grupo realizaba las dos sesiones semanales en días seguidos y el otro grupo en días alternos. Ambos grupos obtuvieron mejoras estadísticamente significativas ( $p < 0.005$ ) en test de flexibilidad, de saltos y tiempo de sprint.

También debemos destacar el trabajo de De Hoyo *et al.*, (2016) con futbolistas españoles de élite ( $n=11$ ) los cuales realizaron un programa de entrenamiento de 8 semanas en temporada de pliometría (2 veces a la semana), el cual consistió en la combinación de ejercicios de salto, escalera de coordinación y sprint. Tras la realización del programa, los resultados obtenidos mostraron mejoras sustanciales (probable) en CMJ (cm) del 7.2%, en el tiempo de sprint de 30-50 m (s) del 0.3% y en la velocidad máxima de 0-50 m (s) del 1.5%. Por su parte, Kobal, Pereira, Zanetti, Ramirez-Campillo, & Loturco, (2017), investigaron los efectos de las estrategias de entrenamiento de pliometría con y sin carga, en el rendimiento de la velocidad y la potencia de 23 jóvenes jugadores de fútbol de élite ( $15.9 \pm 1.2$  años). Dividieron a la muestra en dos grupos G1. saltos verticales y horizontales cargados con una haltera del 8% de la masa corporal de los atletas y G2. pliometría vertical y horizontal sin carga. G1 y G2 realizaron 12 sesiones de entrenamiento pliométrico durante un período de pretemporada de 6 semanas. Ambos grupos mejoraron la altura en SJ y CMJ respectivamente y disminución del tiempo en la distancia de velocidad 5 m.

Cardozo & Yanez, (2017), compararon el efecto del entrenamiento pliométrico para la mejora de la capacidad de salto CMJ, valorado a través del sistema fotoeléctrico OptoGait, en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=12$ ; edad  $16.44 \pm 1.6$  años; peso  $59.74 \pm 4.61$  kg; altura  $1.69 \pm 0.05$  m), pertenecientes a un equipo de fútbol. Desarrollaron un entrenamiento durante 12 semanas con una frecuencia semanal de 3 sesiones por semana. Realizaron en cada sesión entre 3 a 4 ejercicios, durante las cuatro primeras semanas los intervalos de descanso entre cada ejercicio fueron de 2 minutos, de la semana 5 a la 8 se incrementó el tiempo de descanso a 2 minutos 30 segundos y las restantes cuatro semanas el descanso fue de 3 min, realizando los descansos de forma activa (trote continuo al 40-50% de la FC máxima de reserva). El análisis ANOVA reflejó que se hallaron diferencias significativas en la altura del salto entre el pre y post-test ( $32.5 \pm 3.4$  cm /  $38.5 \pm 5.3$  cm,  $p < 0.03$ ; TE: 1.75).

Falces-Prieto *et al.*, (2018), reprodujeron un protocolo de pliometría basándose en las recomendaciones de Bedoya *et al.* (2015). En este caso se realizó un protocolo pliometría dos veces por semana durante 8 semanas, sobre el test de salto vertical evaluado mediante salto con CMJ en jugadores de fútbol de categoría cadete (CA.  $n=20$ , edad:  $14.6 \pm 0.50$  años) y juvenil (JU.  $n=20$ , edad:  $17.00 \pm 0.65$  años). Los días de ejecución fueron los martes y jueves, realizándose acto seguido tras el calentamiento, ya que ha sido

recomendado como el mejor momento para realizar el entrenamiento pliométrico, además, de asegurar de que los jugadores estaban descansados y se obtuvieran mejores beneficios del programa. Ambos grupos mejoraron del pre (P) al pots-test (PO) la variable altura [altura CA=  $0.35 \pm 0.04$  m vs  $0.37 \pm 0.05$  m]; [altura JU=  $0.33 \pm 0.04$  vs  $0.38 \pm 0.03$  m] y siendo el TE grande en CA [altura= 1.64] y muy grande en JU [altura= 2.3]. Por otro lado, Asadi *et al.*, (2018), investigaron los efectos de la maduración en la potencia y el rendimiento del sprint, después de 6 semanas de entrenamiento pliométrico en 60 jóvenes futbolistas semiprofesionales de una academia de fútbol, durante la pretemporada. Para ello, hicieron 3 grupos según su estado madurativo (Pre-PHV, Mid-PHV y Post-PHV). Todos los jugadores realizaron entrenamiento específico en tres días no consecutivos (lunes, miércoles y viernes), mientras que los grupos experimentales, realizaron el entrenamiento pliométrico en aquellos días que no hubo entrenamiento específico (martes, sábado). Los ejercicios pliométricos incluyeron 2 series de 10 repeticiones de saltos de caída de 20, 40 y 60 cm (es decir, 60 contactos) realizados en el campo de fútbol de césped. El período de descanso entre repeticiones y series fue de 7 y 120 s. Después de la intervención, los grupos Pre, Mid y Post-PHV mostraron una mejora significativa ( $p \leq 0.05$ ) y un efecto de tamaño pequeño a moderado (TE) en el salto vertical (TE= 0.48; 0.57; 0.73), salida de potencia máxima (TE= 0.60 ; 0.64; 0.76), salto largo de pie (TE= 0.62; 0.65; 0.7), sprint de 20 m (TE= -0.58; -0.66) y sprint de 20 m con pelota (TE= -0.44; -0.8; - 0.55) actuaciones. Los jugadores de fútbol post-PHV indicaron mayores ganancias que PrePHV en el salto vertical y el rendimiento de sprint después del entrenamiento ( $p \leq 0.05$ ).

El objetivo del estudio de Beato, Bianchi, Coratella, Merlini, & Drust, (2018), fue evaluar los efectos de un protocolo de COD (CODg, n=10) y un protocolo combinado de COD y pliometría (CODPg, n=11) con una duración de 6 semanas en veintiún jóvenes jugadores de fútbol de élite ( $17 \pm 0.8$  años). La frecuencia de entrenamiento fue de 2 veces por semana durante 6 semanas. Sprint 10, 30 y 40 m. Además, se evaluaron 13 saltos largos, saltos triples, así como la prueba 505 COD. El protocolo de COD se realizó 2 veces por semana un protocolo de carreras cortas y sprints con COD con diferentes ángulos, como  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $180^\circ$ . El entrenamiento pliométrico consistió en 4 x 5 saltos desde 60 cm de altura seguidos de un salto posterior sobre un obstáculo (15 cm de altura), así como 4 x 5 saltos sobre obstáculos de 15 cm de altura. Los resultados indicaron que se produjeron mejoras significativas dentro de ambos grupos CODPg y CODg: salto largo (TE = 0.32 y TE = 0.26, respectivamente), sprint 10 m (TE= -0.51 y TE= -0.22 respectivamente), después 6 semanas de entrenamiento. Además, CODPg reportó mejoras sustancialmente significativas en la prueba de salto de longitud (TE= 0.32).

Según la revisión realizada, existe una gran variedad de investigaciones sobre el entrenamiento de pliometría en futbolistas, en las que quedan patentes los efectos de la modificación de diferentes parámetros del mismo, lo que nos facilita la programación de sesiones pliométricas en función de los objetivos deseados, además de dar una idea sobre qué orientación deben tener dichas sesiones para la obtención de resultados óptimos.

### 1.6.5. Efectos del método excéntrico

Debido a los efectos positivos del entrenamiento excéntrico, tales como la consecución de una óptima longitud muscular o la mejora de la coordinación del músculo (Vogt & Hoppeler, 2014), los programas de fuerza con sobrecarga excéntrica están teniendo cada día más presencia en las periodizaciones del entrenamiento en fútbol (Raya-González *et al.*, 2018).

La primera referencia al uso de la sobrecarga excéntrica para la mejora del rendimiento en futbolistas es el trabajo realizado por Askling *et al.*, (2003). En ella se planteó, con jugadores suecos profesionales ( $n=15$ ), un trabajo excéntrico complementario (10 semanas en pretemporada), centrado en la musculatura isquiotibial. Para ello utilizaron la máquina yoyo curl hamstring, y cada jugador realizó 4 series de 8 repeticiones bilaterales a la máxima intensidad posible, 1 o 2 veces a la semana. Una vez acabado el período de entrenamiento, se obtuvieron mejoras significativas ( $p<0.05$ ) en la fuerza de los isquiotibiales tanto concéntrica (Nm) como excéntrica (Nm) del 15.3% y 19.2% respectivamente, así como en el tiempo de sprint (s) en 30 m del 2.4%. Siguiendo con la revisión de la literatura, Petersen *et al.*, (2011), investigaron el efecto preventivo del fortalecimiento excéntrico de los músculos isquiotibiales utilizando el Nordic Hamstring en comparación con ningún ejercicio adicional de isquiotibiales sobre la tasa de lesiones agudas de isquiotibiales en jugadores de fútbol masculinos durante 1 temporada completa. Para ello, tuvieron en cuenta a cincuenta equipos de fútbol profesionales y aficionados masculinos daneses (942 jugadores). Fueron asignados a un grupo de intervención GI (461 jugadores) y un grupo de control GC (481 jugadores). Los jugadores GI llevaron a cabo un programa de entrenamiento excéntrico progresivo de 10 semanas mientras que los GC siguieron su programa de entrenamiento habitual. Se registraron 52 lesiones agudas de isquiotibiales en el grupo de control en comparación con 15 lesiones en el grupo de intervención. Al comparar GI vs GC, las tasas generales de lesiones agudas de los isquiotibiales por 100 jugadores fueron de 3.8 vs 13.1 (intervalo de confianza [IC] del 95%, 0.150-0.572;  $p<0.001$ ) respectivamente. Las nuevas tasas de lesiones por 100 jugadores fueron 3.1 vs 8.1 (IC 95%, 0.180-0.933;  $p<0.034$ ), mientras que las tasas de lesiones recurrentes por 100 jugadores fueron 7.1 vs 45.8 (IC 95%, 0.037-0.509;  $p<0.003$ ). Por lo que podemos concluir que, en jugadores de fútbol profesionales y aficionados masculinos, el ejercicio excéntrico adicional de isquiotibiales disminuyó la tasa de lesiones agudas, nuevas y recurrentes de isquiotibiales.

Esta metodología de entrenamiento no solo ha sido utilizada para la mejora del rendimiento a corto plazo en futbolistas, sino que también se ha usado como activación para la mejora del rendimiento inmediato. Así pues, De Hoyo *et al.*, (2014), prepararon un calentamiento basado en 5 minutos en bicicleta estática y en 4 series de 6 repeticiones de yoyo squat bilateral con 2 minutos de recuperación entre series. Los resultados más interesantes de esta activación previa fueron la mejora del rendimiento en CMJ (cm) del 6.1% (muy probable) y en la velocidad de sprint (s) en 20 m del 0.6% (posible).

De Hoyo *et al.*, (2015a), programaron una intervención con jugadores españoles élite U-19 ( $n=20$ ) en la que durante 20 semanas realizaron 1 o 2 sesiones de un programa de entrenamiento que consistió en dos ejercicios, yoyo squat y yoyo leg curl, de los que realizaron 3-6 series de 6 repeticiones a máxima intensidad. Tras el análisis de los resultados se obtuvieron mejoras sustanciales en CMJ (cm) del 6.1% (muy probable) y

en el tiempo de sprint (s) en 20 m del 0.6% (posible). En la misma línea, De Hoyo *et al.*, (2015b), llevó a cabo un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica durante 6 semanas en futbolistas españoles de élite (n=11) que consistió en 5-7 series de 8 repeticiones con la carga óptima potencia del ejercicio split frontal en polea cónica. Tras la aplicación del programa de entrenamiento se apreciaron mejoras significativas en el tiempo de sprint (s) en 10 m ( $p<0.01$ ), salto vertical (cm) ( $p<0.001$ ) y en la fuerza ejercida durante una contracción voluntaria isométrica máxima (W) ( $p<0.05$ ). Por su parte, Tous-Fajardo, Gonzalo-Skok, Arjol-Serrano, & Tesch, (2016), comprobaron el efecto del entrenamiento combinado de sobrecarga excéntrica y entrenamiento vibratorio en futbolistas españoles élite U-18 (n=12) durante la temporada, demostrando que esta combinación de ejercicios producía mejoras sustanciales del 5.7% en V-Cut (s) (casi seguras), en CMJ (cm) del 4.4% (posible) y en la potencia relativa media (W) del 9.5% (probable).

Cuando se trató de determinar el efecto a corto y largo plazo del entrenamiento excéntrico sobre el rango de extensión activa de rodilla en futbolistas juveniles, Álvarez-Ponce & Guzmán-Muñoz, (2018), aplicaron un entrenamiento de 6 semanas de duración sobre 37 futbolistas juveniles masculinos con edades comprendidas entre 14 y 16 años (18 GC y 19 GE). Todos los jugadores fueron evaluados en una sesión preintervención (S0) midiendo el rango de extensión activa de rodilla en la pierna dominante (PD) y no dominante (PND) con el test Active Knee Extension (AKE) utilizando un electrogoniómetro. El grupo experimental fue sometido a ejercicios excéntricos de la musculatura isquiotibial 3 veces a la semana por un periodo de 6 semanas. Los ejercicios realizados por el GE fueron: a) Peso muerto bipodal, b) Kick controlado, c) Peso muerto unipodal, d) Contra resistencia manual, e) Nórdico y f) Supino con balón suizo bipodal. Las sesiones de intervención se llevaron a cabo previo al entrenamiento habitual de los futbolistas. El GE, realizó la intervención 15 minutos antes del inicio del entrenamiento durante 3 días a la semana (lunes, miércoles y viernes) y con 1 minuto de recuperación entre series. Ambos grupos fueron reevaluados en 4 sesiones: tercera (S1), sexta (S2), novena (S3) y duodécima semana (S4). En GC no se observaron ganancias en el rango de extensión activa de rodilla, mientras que en el GE se observó una ganancia del rango de movimiento de  $11,4^\circ$  para la PD y de  $7,8^\circ$  para la PND. En este grupo los cambios significativos se produjeron a la S1 ( $p<0.005$ ) en PD y PND ( $p<0.008$ ); S2 en PD ( $p<0.001$ ) y PND ( $p<0.006$ ); y S3 en la PD ( $p<0.004$ ).

Raya-González *et al.*, (2018), analizaron el efecto de un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica (squat lateral ejecutado en un dispositivo inercial) sobre el rendimiento en futbolistas junior de élite. Grupo control [GC; n=8, ( $14.7 \pm .2$  años de edad,  $168.8 \pm 6.8$  cm de altura,  $54.5 \pm 7.8$  kg de masa corporal, y  $20.9 \pm 1.8$  kg/m<sup>2</sup> de índice de masa corporal)] y Grupo de fuerza [GF; n=8, ( $14.7 \pm .3$  años de edad,  $166.5 \pm 9.4$  cm de altura,  $53.9 \pm 10.4$  kg de masa corporal, y  $19.2 \pm 1.9$  kg/m<sup>2</sup> de índice de masa corporal)]. La rutina semanal consistía en 3 sesiones por semana (martes, jueves y viernes) con los siguientes contenidos: desarrollo técnico-táctico, entrenamiento de resistencia, entrenamiento de fuerza, prevención de lesiones y trabajo de flexibilidad (70%, 10%, 8%, 5% y 7% del tiempo total de entrenamiento, respectivamente). El GF complementó su entrenamiento habitual de fútbol con el programa específico de fuerza con sobrecarga excéntrica propuesto dos días a la semana durante 6 semanas. Antes y después del periodo de intervención se midió la altura de salto vertical, el tiempo de sprint



lineal y con COD y la potencia del tren inferior. Se obtuvieron mejoras sustanciales (probables a muy probables) en GF en el salto con contramovimiento (CMJ) (TE: 0.46), en el porcentaje de pérdida de COD Izquierda (TE: 1.39) y en la potencia media (TE: 0.73) y potencia máxima (TE: 0.65). El análisis inter-grupos mostró mejoras sustanciales mayores en GF respecto a GC en CMJ (TE: .79), en el porcentaje de pérdida de COD-Derecha (TE: 1.14), en la potencia media (TE: 1.04) y en la potencia máxima (TE: 0.88). Los resultados obtenidos, sugirieron que incluir un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica en la programación del entrenamiento de fútbol puede optimizar la condición física específica del futbolista.

Es importante destacar el trabajo de Suárez-Arrones *et al.*, (2018b) cuyo objetivo fue describir los cambios en la CC, la fuerza y el rendimiento de sprint en respuesta a toda una temporada competitiva de entrenamiento de fútbol complementada con 2 sesiones a la semana de entrenamiento con sobrecarga excéntrica inercial en jóvenes futbolistas profesionales masculinos ( $n=14$ , con edades comprendidas entre 16 y 19 años,  $17.5 \pm 0.8$  años;  $180.0 \pm 6.1$  cm;  $70.6 \pm 5.3$  kg;  $21.8 \pm 1.4$  IMC). Se evaluó la composición regional y de cuerpo entero (evaluada mediante absorciometría de rayos X de doble energía), la potencia de salida en sentadilla media y el rendimiento de sprint de 40 m en catorce jugadores. El entrenamiento con sobrecarga excéntrica consistió en sesiones de entrenamiento de 1 a 2 series de 10 ejercicios de core y tren superior (Día 1) y tren inferior (Día 2), a la semana durante toda la temporada de competición (27 semanas). La masa grasa corporal total disminuyó ( $-6.3 \pm 3.6\%$ ; TE =  $-0.99 \pm 0.54$ ) sustancialmente mientras que la masa magra aumentó ( $2.5 \pm 0.8\%$ ; TE =  $0.25 \pm 0.09$ ), con algunas diferencias regionales. Hubo un aumento sustancial en la potencia de salida de sentadilla media (del 3% al 14%; TE: de 0.45 a 1.73) y en el rendimiento del sprint (de 1.1% a 1.8%; TE: de -0.33 a -0.44), sin embargo, los cambios en el rendimiento no se correlacionaron con cambios en la CC. Con esta información, se indica que un programa combinado de entrenamiento de fútbol y de sobrecarga excéntrica fue capaz de promover cambios positivos en la CC y los factores físicos relevantes tanto para el rendimiento en el campo como para la prevención de lesiones en futbolistas de élite.

Por último, en 2020 Fiorilli *et al.*, evaluaron los efectos de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica isoinercial de 6 semanas en treinta y cuatro los jugadores jóvenes de fútbol asignados aleatoriamente a un grupo de entrenamiento pliométrico (GP) ( $n=16$ ; edad  $13.36 \pm 0.80$ ), que se sometió un programa tradicional de entrenamiento de fútbol de seis semanas y un grupo de sobrecarga excéntrica (GE) ( $n=18$ ;  $13.21 \pm 1.21$  años), que recibió entrenamiento adicional que consistió en dos sesiones de entrenamiento de sobrecarga excéntrica inercial por semana., utilizando un dispositivo inercial tecnología flywheel. Se evaluaron los efectos sobre la fuerza explosiva y reactiva, la capacidad de sprint (60 m), el rendimiento en COD y precisión de tiro de fútbol. El GE mostró significativamente valores más altos que el GP en la altura del salto en SJ ( $p<0.01$ ), altura de salto con caída (Drop Jump- DJ) ( $p<0.003$ ), 7 repeticiones en Hop Test ( $p<0.001$ ), la prueba de Illinois (ILL) ( $p<0.001$ ) y la prueba de tiro de fútbol de Loughborough (SHOT) ( $p=0.02$ ). Finalmente, el GE mostró diferencias significativas entre grupos en DJ ( $p<0.007$ ), ILL ( $p<0.0002$ ), YT ( $p<0.002$ ), 60 m sprint ( $p<0.001$ ) y SHOT ( $p<0.003$ ). El uso de un dispositivo isoinercial para sobrecargar movimientos multidireccionales en condiciones deportivas específicas conduce a mayores mejoras de rendimiento que el entrenamiento de fútbol convencional.

Con toda la información recolectada, podemos concluir que los programas de entrenamiento de fuerza con sobrecarga excéntrica, son efectivos en la mejora de la potencia muscular en jugadores de fútbol jóvenes de alto nivel. Además, las adaptaciones provocadas con esta metodología de entrenamiento, produjeron mejoras sustanciales en la capacidad de salto y la capacidad en COD y cambios en la composición corporal, las cuales son variables determinantes del rendimiento en el fútbol.

#### **1.6.6. Efectos del método de contrastes**

Las diferentes variedades de entrenamiento regidas por el método de contrastes y las diferentes modalidades derivadas del mismo hacen que la comparación entre estudios sea relativamente complicada. En primer lugar encontramos el estudio de Mujika, Santisteban, & Castagna, (2009), los cuales aplicaron a un grupo de futbolistas españoles junior de élite ( $n=10$ ) un programa de 7 semanas de duración durante la temporada competitiva basado en la combinación de ejercicios de cargas altas, de cargas bajas y ejercicios específicos de fútbol (conducción, salto de cabeza, etc.) con los que consiguieron mejoras significativas ( $p<0.005$ ) en CMJ (cm) del 4.5%, en ABK (cm) del 1% y en el tiempo de sprint en 15 m (s) del 2.8%

Si nos centramos en la bibliografía actualizada con respecto a 2010, encontramos que Maio-Alves, Rebelo, Abrantes, & Sampaio, plantearon una investigación con el objetivo de conocer las diferencias entre aplicar un programa de entrenamiento por contrastes 1 o 2 días a la semana (Half squat, skipping, 5 m sprint; gemelos, vertical jump (VJ), remates de cabeza; y extensión de cuádriceps, jump from seat (JFS), DJ: 6 repes. 80-85-90%). Una vez finalizado el proceso de entrenamiento los resultados mostraron que las mejoras significativas ( $p<0.005$ ) en salto vertical y sprint, no se ven influenciadas por el número de sesiones semanales de entrenamiento por contrastes. Por otro lado, Faude, Roth, Di Giovine, Zahner, & Donath, (2013), demostraron que un programa entrenamiento por el método de contrastes realizado en jugadores amateur ( $n=16$ ) durante 7 semanas, en el que se combinaban sesiones con orientación unilateral (HS 4x4 90% 1RM 4 minutos de recup. + 5 horizontal jump [HJ]) con sesiones de orientación bilateral (HS 4x4 50-60% 1RM 4 minutos de recup. + 5 HJ), producía mejoras significativas ( $p<0.005$ ) en 1RM HS (kg) del 18.2%, en CMJ bilateral (cm) del 3%, en el CMJ izquierda del 4.3% y en el DJ reactivo del 9,4%.

Brito *et al.*, (2014) obtuvieron resultados positivos en 1RM (kg) squat, flexión plantar y extensión de rodillas, y 20 m (s) ( $p<0.005$ ) tras la realización de un entrenamiento por contrastes durante 9 semanas dentro de la temporada competitiva. García-Pinillos, Martínez-Amat, Hita-Contreras, Martínez-López, & Latorre-Román, (2014), plantearon un entrenamiento por el método de contrastes que consistió en la combinación de HS isométrico durante 40-80 segundos y JFS o salto una pierna (4-6 series 2 reps.). Tras las 12 semanas que duró la intervención se obtuvieron mejoras significativas ( $p<0.005$ ) en CMJ (cm) del 7.14%, en el tiempo de sprint (s) en 5 m (14.97%), 10 m (13.36%), 20 m (8.09%) y 30 m (6.26%), y una mejora en el test de agilidad de Balsom (BAT) (s) del 5.13%.

Spinetti *et al.*, (2016), realizaron un estudio durante un período de ocho semanas, realizado tres veces por semana (24 sesiones) durante la temporada, realizando entrenamiento de fuerza con método de contrastes, en jugadores de fútbol masculino (edad:  $18.4 \pm 0.4$  años;

peso:  $70,2 \pm 9,1$  kg; altura:  $179,9 \pm 7,5$  cm, % grasa  $6,5 \pm 2,8$ ), que pertenecían a la categoría U20 del Fluminense FC. Los resultados arrojaron mejoras significativas en una disminución de RSSA ( $7,2 \pm 2,2$  /  $5,2 \pm 2,3$ ;  $p < 0,06$ , moderado TE:  $-0,91$ ), CMJ ( $31,4 \pm 4,2$  /  $36,4 \pm 4,7$ ;  $p < 0,05$ ; TE:  $-1,19$ ) y mejoras en 1RM ( $120,0 \pm 10,541$  /  $146,2 \pm 21,776$ ;  $p < 0,05$ ; TE:  $-2,49$ ).

Por otro lado, Spinetti *et al.*, (2018) aplicaron durante un periodo de 8 semanas, un entrenamiento de contrastes y lo relacionaron con las variables de sprint, velocidad de COD y SJ en jugadores de fútbol masculinos jóvenes ( $18,4 \pm 0,4$  años). Los participantes asignados al grupo de contrastes realizaron ejercicios de alta potencia combinados con ejercicios de alta velocidad. Los resultados demostraron que el régimen de entrenamiento de contrastes produjo diferencias significativas dentro del grupo en el tiempo de sprint en 5 m ( $1,032$  s /  $0,997$  s), antes y después de la intervención, respectivamente, (TE =  $-0,5$ ;  $p < 0,04$ ), COD ( $5,963$  s /  $5,639$  s), antes y después de la intervención, respectivamente, (TE:  $-2,7$ ;  $p < 0,001$ ) y SJ ( $30,9$  cm /  $34,4$  cm), antes y después de la intervención, respectivamente, (TE =  $0,8$ ;  $p < 0,001$ ).

Por último, Chatzinikolaou *et al.*, (2018), investigaron el efecto de un protocolo complejo de entrenamiento de fuerza / potencia a corto plazo en el rendimiento y la CC de jóvenes futbolistas de élite. Veintidós jugadores (14-15 años) fueron asignados aleatoriamente a un grupo experimental (N = 12) y un grupo de control (N = 10). El entrenamiento tuvo una dinámica de 4 entrenamientos a la semana durante 5 semanas. El plan de entrenamiento combinó ejercicios olímpicos, pliométricos, trabajo de velocidad y entrenamiento en campo. Los resultados indicaron que tras el periodo de entrenamiento de las 5 semanas se produjo un deterioro del rendimiento ( $\sim 5\%$  –  $20\%$ ) en todas las variables en el GC. El rendimiento en SJ (GC:  $-6,8\%$ , GE:  $5,7\%$ ,  $F_{1,20} = 10,12$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .35$ ), CMJ (GC:  $-8,2\%$ , GE:  $6,9\%$ ,  $F_{1,20} = 20,67$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .51$ ), y DJ (GC:  $-9\%$ , GE:  $10,6\%$ ,  $F_{1,20} = 43,47$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .7$ ) disminuyeron en el GC y aumentó en el GE. 1RM en squat y RDL disminuyó en GC (squat:  $-7,9\%$ , RDL:  $-13,7\%$ ) y aumentó en GE (squat:  $21,1\%$ ,  $F_{1,20} = 72,86$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .79$ ; RDL:  $29,9\%$ ,  $F_{1,20} = 106,41$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .84$ ). La fatiga evaluada a través del RSA y 30 sprint, permaneció inalterada en ambos grupos. El rendimiento en 10 m sprint disminuyó en GC ( $-4,6\%$ ) y aumento en GE ( $3,6\%$ ,  $F_{1,20} = 57,54$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .75$ ). COD permaneció inalterado en GC y mejoró en GE (izquierda:  $0,8\%$ ,  $F_{1,20} = 11,71$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .37$ ; derecha:  $1,4\%$ ,  $F_{1,20} = 9,16$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .32$ ). La resistencia a la velocidad (Yo-Yo IR2) produjo un descenso en ambos grupos (GC:  $-15,1\%$ ; GC:  $-7,6\%$ ). El pico de fuerza excéntrica disminuyó en GC ( $-6,7\%$ ,  $F_{1,20} = 25,56$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .56$ ) y aumentó en GE ( $5,8\%$ ,  $F_{1,20} = 25,56$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .56$ ). Del mismo modo, el pico de fuerza concéntrica disminuyó en GC ( $-7,2\%$ ,  $F_{1,20} = 9,92$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .33$ ) y aumentó en GE ( $2,1\%$ ,  $F_{1,20} = 9,92$ ;  $p < 0,05$ ,  $\eta^2 = .33$ ) y la fuerza isométrica y la CC permanecieron inalteradas en ambos grupos.

A modo de conclusión, podemos indicar que el entrenamiento mediante el método de contrastes, produce aumentos en la altura del salto, cambios de dirección y mejora las distintas manifestaciones de la fuerza (dinámica, concéntrica y excéntrica). Es decir, el método de entrenamiento de contrastes o entrenamiento complejo se presenta como una opción de trabajo efectiva, fundamentalmente para el desarrollo de la fuerza explosiva y la potencia, por lo que es muy beneficioso para la optimización del CEA en los gestos deportivos específicos de nuestra modalidad.

### 1.6.7. Efectos del método vibratorio

La vibración se está convirtiendo en una técnica popular de entrenamiento entre deportistas inmediatamente antes de competición y durante los descansos (Cloak, Lane, & Wyon, 2016a), aunque su efectividad está aún por determinar con más investigación científica.

En 2011, Rønnestad & Ellefsen investigaron el efecto de agregar vibración en la media sentadilla como método de pre-acondicionamiento para las pruebas de velocidad de 40 m. Para ello, nueve jugadores de fútbol masculinos amateur ( $23 \pm 2$  años) realizaron 1 sesión de familiarización y 6 sesiones de prueba separadas. Todos los grupos de manera aleatoria y durante 6 sesiones separadas cada una 48 h, realizaron el mismo preacondicionamiento (A50 Hz, B30 Hz, C sin vibración). Cada grupo realizó 15 sentadillas sin carga durante un período de 30 segundos y 1 min de recuperación, para después realizar un sprint de 40 m. Realizar el sprint de 40 m con ejercicio de preacondicionamiento con 50 Hz resultó en un rendimiento superior con respecto a sin vibración ( $5.48 \pm 0.19$  vs.  $5.52 \pm 0.21$  seg, respectivamente,  $p < 0.05$ ). El tiempo de sprint de 40 m mejoró con 50 Hz ( $0.65 \pm 0.59$  %) y no hubo diferencia entre realizar sprint de 40 m a 30 Hz ( $5.53 \pm 0.19$  seg) en comparación con realizarlo sin vibración.

Con respecto a los procesos de re-calentamiento entre la primera y segunda parte de un partido de fútbol y las pérdidas en cuanto a rendimiento explosivo y disminución de procesos fisiológicos, Lovell, Midgley, Barrett, Carter, & Small, (2013), investigaron como afectan 3 tipos de recuperación en el descanso de un partido de fútbol (A: pasiva/sentados, B: un ejercicio de agilidad intermitente y C: uso de métodos vibratorios). (P 5 0.34) en 10 jugadores masculinos semiprofesionales ( $20 \pm 1$  años). Sólo se encontraron diferencias en CMJ, donde las pérdidas fueron significativamente mayores en modo A con respecto a B ( $p < 0.031$ ) y C ( $p < 0.002$ ). Por lo que podemos indicar que el uso de estrategias como agilidad intermitente o vibraciones, atenúan los decrementos de rendimiento explosivos durante un descanso de fútbol.

Marín *et al.*, (2012) determinaron si la vibración superpuesta de todo el cuerpo podría mejorar los efectos relacionados con la recuperación con respecto al proceso de enfriamiento tradicional en jugadores de fútbol de alto nivel ( $n = 16$ , edad:  $17.1 \pm 0.9$  años) divididos en dos grupos: Grupo vibración (GV) y Grupo control (GC). El estudio consistió en dos intervenciones: (1) enfriamiento a través de vibraciones y (2) enfriamiento tradicional. La evaluación consistió en (a) escala analógica visual (VAS); (b) salto CMJ y (c) máxima contracción isométrica voluntaria (MCIV) en la extensión de pierna. La prueba de habilidad de sprint repetido (RSA) indujo aumentos (de 161 a 215%;  $p < 0.05$ ) en el dolor muscular medido por escala analógica visual en el GC solamente. La altura en CMJ se recuperó antes en el GV que en GC ( $p < 0.05$ ). Los resultados de este estudio demuestran que la vibración de todo el cuerpo en combinación con un enfriamiento tradicional puede reducir el dolor muscular percibido y mejorar la recuperación después de un ejercicio específico de fútbol.

Siguiendo la línea del uso del método vibratorio como técnica de recuperación en esfuerzos en fútbol, Padulo *et al.*, (2014), evaluaron la capacidad de recuperar esfuerzos RSA en 17 jugadores jóvenes de fútbol masculino ( $16.71 \pm 0.47$  años). La prueba RSA el primer y tercer día consistió en 6 sprints máximos de 40 m ( $20 + 20$  m) separados por 20

seg de recuperación. En el descanso de la prueba RSA del día dos, se incluyó vibración corporal de 45 Hz durante la fase de recuperación. La concentración de lactato se determinó 1 minuto antes y después de cada RSA. Los resultados indicaron que el tiempo total en RSA2 ( $43.35 \pm 0.64$  seg) fueron más bajo que RSA1 ( $43.76 \pm 0.90$  seg) y RSA3 ( $44.08 \pm 0.75$  seg) ( $p < 0.05$ ). La concentración de lactato fue mayor en RSA2 ( $13.58 \pm 2.35$  mmol·L<sup>-1</sup>) que RSA1 ( $11.61 \pm 2.20$  mmol·L<sup>-1</sup>) y RSA3 ( $11.58 \pm 2.13$  mmol·L<sup>-1</sup>) ( $p < 0.001$ ). El peor momento fue mejor en RSA 2 ( $7.47 \pm 0.11$  seg) que en RSA1 ( $7.62 \pm 0.25$  seg) y RSA3 ( $7.69 \pm 0.17$  seg) ( $p < 0.01$ ). El % de índice de fatiga fue menor en RSA2 ( $3.20 \pm 1.24$ ) que en RSA 1 ( $4.61 \pm 1.50$ ) y RSA 3 ( $4.48 \pm 1.09$ ), ( $p < 0.0001$ ). En conclusión, al aplicar vibraciones durante la recuperación períodos de esfuerzos de alta intensidad, hacen que la mayoría de variables predictoras de fatiga mejoren, por lo que a nivel neuromuscular es de vital importancia para mantener la alta exigencia durante más tiempo.

Con respecto a las adaptaciones neuromusculares de este tipo de método de entrenamiento, Cloak *et al.*, (2016a) compararon los efectos agudos del método vibratorio entre jugadores de fútbol profesional vs amateur. 44 jugadores de fútbol fueron analizados en dos grupos: 1. 22 Jugadores profesionales ( $24.1 \pm 3.8$  años) y 2. 22 Jugadores amateurs ( $22.1 \pm 3.4$  años). Ambos grupos fueron separados por 11 jugadores cada uno, teniendo un grupo control y un grupo experimental. Además, todos los grupos realizaron las pruebas de referencia (fuerza isométrica máxima voluntaria, capacidad de potenciación post-activación (PPA) y los beneficios percibidos) seguido de 30 minutos de descanso. Los participantes expuestos a vibración, recibieron un estímulo de 40Hz (desplazamiento de pico a pico de 8 mm) y realizaron series de squat en bloques de 3 x 60 segundos con 60 segundos de descanso. Por otro lado, los grupos control, realizaron el mismo protocolo en ausencia de vibración. Los resultados indicaron que el grupo experimental profesional mejoró su pico máximo de fuerza isométrica ( $448.3 \pm 202.3$  /  $501.3 \pm 199.8$  N,  $p < 0.05$ ), la PPA mejoró un 8.1 %,  $p < 0.008$  y también los beneficios percibidos ( $8 \pm 1.2$ ,  $p < 0.001$ ) fueron mayores. En la misma línea de investigación Cloak, Nevill, & Wyon, (2016b), determinaron el efecto del uso de métodos vibratorios sobre el equilibrio y la estabilidad entre jugadores de fútbol elite y amateur. 44 jugadores de fútbol ( $22.1 \pm 2.1$  años) fueron evaluados. Los grupos finales estaban formados por 22 jugadores de elite (11 GEE y 11 GCE) y 22 jugadores amateurs (11 GEA y 11 de GCA). Los grupos de entrenamiento (GEE y GEA), realizaron  $3 \times 60$  segundos de sentadilla estática en la plataforma de vibración a 40 Hz ( $\pm 4$  mm). Se evaluaron la prueba de equilibrio Y-Balances Test (YBT) y el índice de estabilidad postural dinámica (IEPD). IEPD disminuyó de pre-test a post-test ( $-7.9\%$ ) en el grupo GEE, mientras que hubo un ligero aumento en el grupo GEA ( $2.8\%$ ), por lo tanto, el método vibratorio tuvo un efecto significativo en IEPD solo entre jugadores de elite. En la prueba del YBT, la distancia anterior mostró una mejora significativa tanto en GEE como en GEA ( $F = 32,36$ ;  $p < 0.001$ ).

Tous-Fajardo *et al.*, (2016), comprobaron el efecto del entrenamiento combinado de sobrecarga excéntrica y entrenamiento vibratorio en futbolistas españoles elite U-18 ( $n=12$ ) durante la temporada, demostrando que esta combinación de ejercicios producía mejoras sustanciales del 5.7% en V-Cut (s) (casi seguras), en CMJ (cm) del 4.4% (posible) y en la potencia relativa media (W) del 9.5% (probable).

Se sugiere que este método presenta altos beneficios a corto plazo, por lo que habría que realizar más estudios sobre sus beneficios en propuestas de entrenamiento a largo plazo. Además, el uso de este material hace que presente cierta dificultad su uso y programas de intervención. Aún así, presenta adaptaciones positivas con respecto a ciertas manifestaciones condicionales (saltos, cambios de dirección, equilibrio, etc). Las plataformas vibratorias o material de entrenamiento con vibración, podrían ser muy válidas como método de calentamiento antes de realizar acciones de máxima intensidad, así como forma de recuperar después de entrenamientos y/o de la aparición de lesiones.

Debemos clarificar que, en fútbol, este nuevo modelo de entrenamiento puede permitir mejoras la fuerza máxima ( $p<0.05$ ) y capacidad de recuperación ( $p<0.05$ ) ayudando en gran medida a no perder las cualidades condicionales (Urdampilleta, Álvarez-Herms, Martínez Sanz, Corbi, & Roche, 2014). Sin embargo, debemos indicar que cada individuo necesita unos parámetros óptimos de estimulación, por tanto, no podemos aplicar el mismo método de entrenamiento a todos nuestros deportistas. Estos parámetros parecen depender de la edad, sexo, grupo muscular estimulado, nivel de entrenamiento, capacidad física a estimular y tipo de ejercicio, entre otros.

#### **1.6.8. Efectos del método con electroestimulación**

En primer lugar, nos encontramos en el estudio de Billot, Martin, Paizis, Cometti, & Babault, (2010), los cuales hipotetizaron que, con un entrenamiento de EMI durante 3 sesiones por semana durante 5 semanas en periodo competitivo sobre el cuádriceps, mejoraría la fuerza muscular y el rendimiento deportivo en jugadores de fútbol. 20 jugadores divididos en grupo EMI (GE) ( $n=10$ ,  $20.1 \pm 2.1$  años) y grupo control (GC) ( $n=10$ ,  $21.7 \pm 3.4$  años). Con respecto al grupo GE, el pico máximo de fuerza excéntrica aumentó significativamente en la semana 3 ( $+11.5 \pm 10.4\%$ ,  $p<0.01$ ) y semana 5 ( $+22.1 \pm 16.4\%$ ,  $p<0.001$ ) en comparación con la inicial, además, se observó un aumento adicional de semana 3 a semana 5 ( $+9.6 \pm 8.1\%$ ,  $p<0.01$ ). Este mismo grupo con respecto al GC, obtuvo un aumento significativo en condiciones isométricas desde el inicio hasta la semana 3 y 5 ( $+16.3 \pm 21.3$ ,  $p<0.01$  y  $+27.1 \pm 22.6\%$ ,  $p<0.001$ , respectivamente) y de semana 3 a semana 5 ( $+9.2 \pm 7.4\%$ ,  $p<0.05$ ). Con respecto a la fuerza concéntrica, se observaron mejoras en el GE desde la toma inicial y la semana 5 ( $+14.0 \pm 9.9\%$  at  $60^\circ\text{s}^{-1}$  and  $+23.2 \pm 18.9\%$  at  $240^\circ\text{s}^{-1}$ ,  $p<0.001$ ) y desde la semana 3 a la 5 ( $+10.0 \pm 9.6\%$  at  $60^\circ\text{s}^{-1}$  and  $+14.2 \pm 16.5\%$  at  $240^\circ\text{s}^{-1}$ ,  $p<0.01$ ). Con respecto a la velocidad de golpeo de balón, indicaron que, en el GE la velocidad del balón sin carrera previa, mejoró significativamente en semana 3 ( $+6.6 \pm 8.7\%$ ,  $p<0.05$ ) y semana 5 ( $+9.6 \pm 10.6\%$ ,  $p<0.001$ ) en comparación la medición inicial y la velocidad del balón mejoró sustancialmente en la semana 5 ( $+5.6 \pm 4.0\%$ ,  $p<0.05$ ). Por último, con respecto al rendimiento en salto CMJ, sólo se observó un incremento en el GE de la semana 3 a la semana 5 ( $+6.7 \pm 6.3\%$ ,  $p<0.05$ ). Con estos resultados, podemos indicar que el uso de EMI indujo a adaptaciones positivas en las acciones explosivas evaluadas.

Respecto al uso de EMI y sus efectos sobre el sistema musculoesquelético, Kästner, Braun, & Meyer, (2015), encontraron dos casos en los que un jugador de fútbol de 19 años alcanzó unos valores de CK de 240.000 U/l, y otro jugador de fútbol, de 17 años, alcanzó valores de 30.170 U/l. La elevación de la CK por encima de 5.000 U/l (valores normales  $<370$  U/l) está asociada, aunque no necesariamente, al síndrome

compartimental, insuficiencia renal aguda, arritmias y paro cardíaco, requiriéndose una hospitalización inmediata del sujeto.

Sin embargo, también encontramos en la literatura estudios como el de Filipovic *et al.*, (2016), en dónde tuvieron como objetivo de estudio implementar un programa dinámico de EMI durante la segunda parte de la temporada y valorar sus efectos sobre la fuerza máxima, el rendimiento de sprints y saltos, la capacidad de golpeo, parámetros hormonales (factor de crecimiento similar a la insulina 1) y enzimáticos (creatina quinasa CK) para explicar los posibles mecanismos de adaptación como la hipertrofia. Participaron 22 jugadores de fútbol masculino participaron en el estudio, divididos en grupo experimental GE y grupo de entrenamiento con salto SG. Los jugadores fueron evaluados antes, durante (semana 7) y después (semana 14). Los análisis en sangre fueron tomados antes de cada test unos 15-30 min y 24 h después del programa de entrenamiento. Los resultados indicaron que el GE aumentó significativamente la fuerza máxima de una pierna (1RM) en la máquina de prensa de piernas (1.99 vs. 1.66 kg / kg,  $p<0.001$ ), y mejoró sprint lineal (5m: 1.01 vs. 1.04s,  $p<0.039$ ), sprint con COD (3.07 vs. 3.25s,  $p<0.024$ ), rendimiento de salto vertical (SJ: 38.8 vs. 35.9 cm,  $p<0.021$ ) y la velocidad de golpeo (1 paso: 93.8 vs. 83.9 km/h<sup>-1</sup>,  $p<0.001$ ). El SG no mostró cambios en la fuerza y el rendimiento. El GE reveló niveles de CK significativamente aumentados 24 horas después del entrenamiento y produjo niveles de CK significativamente más altos en comparación con el SG. Los niveles séricos de IGF-1 no cambiaron en ningún grupo.

En la misma línea, Filipovic *et al.*, (2019) evaluaron si las ganancias de fuerza inducidas por EMI, también estaban asociadas con adaptaciones moleculares y estructurales a nivel músculo-esquelético en futbolistas de alto rendimiento. 28 jugadores masculinos de fútbol agrupados en tres grupos: grupo electroestimulación (GEMI) (n= 10, 24.4 ± 4.2 años), grupo entrenamiento (GE) (n=10, 21.1 ± 1.9 años) y grupo control (GC) (n=8, 23.6 ± 3.9 años). La evaluación se hizo en periodo competitivo. La dinámica de entrenamientos fue de 2 a 4 entrenos semanales más partido de competición el fin de semana. GEMI realizó 3x10 squat jumps dos veces por semana, GE realizó el mismo entrenamiento sin EMI y GC sólo realizó la dinámica de entrenamiento normal. Se produjo un incremento en la FM en prensa de piernas ( $p<0.009$ ) y leg curl ( $p<0.026$ ) en el grupo GEMI. Además, se produjo un incremento significativo en el diámetro de las fibras tipo II ( $p<0.023$ ) en el grupo GEMI. El resto de adaptaciones no se observaron en el GE ni GC.

Por último, Wirtz *et al.*, (2020), evaluaron durante la temporada a 28 jugadores de fútbol amateur divididos en tres grupos: grupo electroestimulación (GEMI) (n= 10, 24.4 ± 4.2 años), grupo entrenamiento (GE) (n=10, 21.1 ± 1.9 años) y grupo control (GC) (n=8, 23.6 ± 3.9 años). GEMI realizó 3x10 squat jumps dos veces por semana, GE realizó el mismo entrenamiento sin EMI y GC sólo realizó la dinámica de entrenamiento normal. Los resultados indicaron que no se encontraron diferencias significativas sobre la densidad intramuscular, pico de VO<sub>2</sub>max, tiempo de agotamiento y concentración máxima de lactato, tras un periodo de 7 semanas de entrenamiento en ningún grupo.

Podemos indicar, que el método con EMI, al igual que con el entrenamiento de vibración, podría ser muy válido como método de calentamiento antes de realizar acciones de máxima intensidad, así como forma de recuperar después de entrenamientos y/o de la aparición de lesiones. Queda reflejado en la literatura que este método presenta elevados

efectos agudos, sobre todo en la disposición de fibras rápidas y ganancia en acciones explosivas, sin embargo, no es óptimo para resto de condicionantes condicionales (LA,  $\text{VO}_2\text{max}$ , etc). Además, un uso inadecuado, puede producir daños orgánicos importantes, por lo que se requiere de más investigación en este ámbito.

### **1.6.9. Efectos del método con autocargas**

Hasta la fecha, el único artículo referenciado que evalúa las características de este método de entrenamiento en fútbol es el estudio de Falces-Prieto *et al.*, (2020). El propósito de esta investigación fue investigar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza con autocargas sobre el rendimiento del salto CMJ y la CC en jugadores de fútbol jóvenes. 60 jugadores jóvenes fueron distribuidos en 4 grupos [Sub16 ( $14,67 \pm 0,49$  años); Sub17 ( $15,73 \pm 0,46$ ); Sub18 ( $16,67 \pm 0,82$ ); Sub19 ( $18,27 \pm 0,46$ )]. Completaron un entrenamiento de fuerza con autocargas durante 8 semanas con una frecuencia de entrenamiento semanal de 2 sesiones de 1 hora por semana. Los datos fueron recolectados antes y después de la intervención. Se calculó el tamaño del efecto (TE) y un nivel de significación de  $p < 0,05$ . Los principales resultados del estudio mostraron un aumento significativo en el grupo Sub19 ( $p < 0,01$ ) en el rendimiento del CMJ. Una disminución significativa de la masa corporal en el grupo Sub17 ( $p < 0,001$ ). Los grupos Sub17 y Sub19 mostraron una disminución significativa en % de masa grasa ( $p < 0,001$ ) y, por último, se produjo un aumento significativo en la masa muscular ( $p < 0,001$ ) en todos los grupos. El presente estudio confirmó que el entrenamiento de fuerza con autocargas es un método válido para producir cambios a nivel neuromuscular y la modificación de CC en jugadores jóvenes de fútbol.

### **1.6.10. Efecto de otros métodos**

Con respecto al entrenamiento de fuerza con el uso de bandas elásticas y su relación con el fútbol, destacamos el estudio de Jensen *et al.*, (2014), en el que aplicaron un programa de entrenamiento con gomas elásticas durante las 8 semanas del parón invernal, con jugadores sub-élite ( $n=13$ ). El resultado más interesante obtenido en este trabajo fue la mejora de la fuerza excéntrica máxima (Nm/kg) en la musculatura aductora del 30% ( $p=0,001$ ). Cardozo & Yanez, (2017), compararon el efecto del entrenamiento con gomas elásticas (GE) para la mejora de la capacidad de salto CMJ en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=12$ ; edad  $16,42 \pm 0,5$  años), pertenecientes a un equipo de fútbol. Desarrollaron un entrenamiento durante 12 semanas con una frecuencia semanal de 3 sesiones por semana. Realizaron en cada sesión entre 3 a 4 ejercicios, durante las cuatro primeras semanas los intervalos de descanso entre cada ejercicio fueron de 2 minutos, de la semana 5 a la 8 se incrementó el tiempo de descanso a 2 minutos 30 segundos y las restantes cuatro semanas el descanso fue de 3 min, realizando los descansos de forma activa (trote continuo al 40-50% de la FC máxima de reserva). El análisis ANOVA reflejó que se hallaron diferencias significativas en la altura del salto entre el pre y post-test ( $30,0 \pm 4,9$  cm /  $33,2 \pm 5,7$  cm,  $p < 0,03$ , TE: 0.65).

Si hacemos referencia a los beneficios del entrenamiento RFS en futbolistas de alto rendimiento, también, se ha observado que un entrenamiento, durante las 4 semanas de pretemporada, de 3 sesiones semanales en el que se realizaron 3 series de 20 repeticiones con el 20% de 1 RM con RFS, mejoraron significativamente los niveles de fuerza máxima (test de 1 RM en sentadillas y press de banca) y los perímetros corporales (Yamanaka,



Farley, & Caputo, 2012). A pesar de que los autores proponen que, ante los resultados del estudio, el entrenamiento de baja intensidad con RFS puede ser efectivo como metodología en el entrenamiento de fuerza en deportistas, dicha afirmación hay que tomarla con cautela (Reina-Ramos & Domínguez, 2014).

Por último, Amani, Sadeghi, & Afsharnezhad, (2018), analizaron en 28 jugadores jóvenes de fútbol (edad:  $23.89 \pm 2.26$  años), el  $VO_2\text{max}$  y la percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) durante la fase de transición entre temporadas. Para ello, los participantes se dividieron aleatoriamente en tres grupos: control (GC;  $n = 9$ ), grupo entrenamiento sin RFS (GE;  $n = 9$ ) y grupo RFS (GRFS;  $n = 10$ ). El protocolo experimental fue durante dos semanas. En la primera semana realizaron durante 4 días, 3 series de 400 m. En la segunda semana, realizaron 4 series de 400 m. La recuperación entre series fue de 60 a 80 seg respectivamente. Con respecto a la PSE entre el pre y post-test, mostraron diferencias en GRFS ( $p < 0.025$ ) y GC ( $p < 0.022$ ), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre RFS y GRFS. Atendiendo al  $VO_2\text{max}$ , hubo diferencias significativas para los tres grupos ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, analizando los datos entre el pre y post-test, sólo encontramos diferencias significativas en GC ( $p < 0.009$ ) y GRFS ( $p < 0.005$ ), no encontrando diferencias significativas en GE. El resultado del estudio actual sugiere que entrenar con RFS mejora la capacidad aeróbica y la PSE simultáneamente en jugadores de fútbol jóvenes y previene la disminución del  $VO_2\text{max}$  durante la fase de transición.

### 1.7. Demandas de la competición en el fútbol

El análisis de las demandas tanto cinemáticas como fisiológicas durante un partido de fútbol, es de suma importancia para determinar los requerimientos físicos claves y los patrones de actividad más demandados en este deporte. Esta información de gran relevancia para entrenadores y/o preparadores físicos, ha supuesto un antes y un después en el estudio del deporte y en la propuesta metodológica de entrenamiento, atendiendo a la categoría y nivel deportivo de los jugadores.

En primer lugar, debemos describir el fútbol desde el punto de vista cinemático. De esta manera, podemos indicar que el fútbol es un deporte colectivo de naturaleza intermitente (Di Salvo *et al.*, 2007; Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust, 2009; Ziogas, Patras, Stergiou, & Georgoulis, 2011), que comprende entre 1000-1400 cambios de actividad cada 3-5 segundos (Bangsbo, Mohr, & Krstrup, 2006; Iaia *et al.*, 2009, Mohr, Krstrup, & Bangsbo., 2003; Stølen *et al.*, 2005) incluyendo acciones con y sin balón durante un partido, entre las que encontramos: COD, aceleraciones, desaceleraciones, saltos, equilibrios, etc., (Otero-Esquina, De Hoyo, Gonzalo-Skok, Domínguez-Cobo, & Sánchez, 2017; Sáez de Villarreal *et al.*, 2015), lo que hace pensar que los jugadores de fútbol necesitarán altos niveles de fuerza explosiva para un adecuado desempeño de las mismas (Jullien *et al.*, 2008; Michailidis *et al.*, 2013), especialmente en el tren inferior para realizar las acciones de alta intensidad anteriormente mencionadas (Falces-Prieto *et al.*, 2020; Michailidis *et al.*, 2013; Suchomel, Nimphius, & Stone, 2016). En jugadores de fútbol profesional, se ha determinado que cubren una distancia total de entre 9 y 12 kilómetros por partido (Bangsbo *et al.*, 2006). Atendiendo al estudio de Mohr *et al.*, (2003), se ha determinado que, durante un partido, el tiempo que los jugadores de alto rendimiento pasan quietos (0 km/h), andando (0,1-6 km/h) y corriendo a baja intensidad (8-12 km/h), es del 19,5%, 41,8% y el 29,9%, respectivamente. Por otro lado, tan solo

pasan el 8,7 % del tiempo dedicado a carrera de alta intensidad (18-30 km/h), mientras que un 1,4 % del tiempo del partido, están en acciones a velocidad de sprint ( $\geq 30$  km/h).

Casamichana, Castellano, & Dellal (2013), estudiaron las variables cinemáticas de los siguientes puestos específicos (defensa central DC, defensas laterales DL, medios centros MC, extremos EXT, media punta MP y delantero centro DEL). Los datos revelaron que tanto los MC ( $5357,0 \pm 310,7$ ,  $p < 0.05$ ; TE = 1.79), los MP ( $5369,7 \pm 162,4$  m,  $p < 0.05$ ; TE = 2.09) como los EXT ( $5360.7 \pm 242.9$  m,  $p < 0.05$ ; TE = 1.93) recorren mayor distancia que los Del ( $4675,8 \pm 439,6$  m,  $p < 0.05$ ). Los EXT recorrieron, también, mayor distancia que los DC ( $4834,4 \pm 321,4$  m,  $p < 0.05$ , TE = 1.84). Con relación a la distancia recorrida en diferentes rangos de velocidad, los ML son los jugadores que mayor distancia recorren en el rango de velocidad más bajo (0–6,9 km/h), presentando diferencias significativas con los MC ( $p < 0.05$ ; TE = 2.42). Los MC recorren las mayores distancias tanto en el rango de 7,0–12,9 km/h como en el de 13–17,9 km/h, siendo los DEL los que menor distancia recorren en ambos rangos de velocidad. En el rango de velocidad de 18–20,9 km/h son los ML los que mayor distancia recorren, presentando diferencias significativas únicamente con los DC ( $p < 0.05$ ; TE = 1.81). Los DL son los jugadores que mayor distancia recorren en el rango de mayor velocidad ( $> 21$  km/h), siendo los MC ( $p < 0.05$ ; TE = 1.66) y los MP ( $p < 0.05$ ; TE = 1.43) los que menor distancia recorren en este rango de velocidad.

Con respecto a las demandas fisiológicas en fútbol, debemos indicar que tienen características multifactoriales, ya que, varían con el nivel de competencia, estilo de juego, posición en el campo, experiencia de los jugadores, categoría y factores ambientales, entre otras variables. El patrón de ejercicio puede describirse como interválico y acíclico, con esfuerzos máximos superpuestos sobre una base de ejercicios de baja o moderada intensidad. La predicción del resultado final es bastante complicada dependiendo, además del rendimiento individual y del conjunto, de la estrategia elegida, de las prestaciones del oponente o simplemente del acierto y fortuna en momentos claves del partido (Casajús & Arjol, 2005). Durante un partido de fútbol, los sistemas energéticos aeróbico y anaeróbico son solicitados conjuntamente en los jugadores de fútbol (Bangsbo *et al.*, 2006). Para medir la intensidad del juego, varios estudios han utilizado la frecuencia cardíaca (FC) como un indicador de carga interna en el fútbol (Casamichana, Suárez-Arrones, Castellano, & San Román-Quintana, 2014; Clemente, Nikolaidis, Rosemann, & Knechtle, 2019; Helgerud, Engen, Wisløff, & Hoff, 2001), presentando el valor de frecuencia cardíaca media (FC Med) durante el juego entre 160-170 ppm (*pulsaciones por minuto*) y mostrando al sistema aeróbico como el principal sistema en la obtención de energía durante un partido de fútbol (Bangsbo *et al.*, 1994b; Kalapotharakos, Serenidis, & Tokmakidis, 2019). Durante un partido de fútbol, el porcentaje de frecuencia cardíaca máxima (FC Máx) que se alcanza está cerca del umbral anaeróbico, normalmente entre 80-90 % de FC máx (Falces-Prieto *et al.*, 2015a; Krstrup *et al.*, 2006), el cual, presenta unos valores medios en futbolistas masculinos de entre 55-70 mL/kg/min del  $\text{VO}_2\text{max}$ , estando el umbral anaeróbico en futbolistas de élite entre el 80-85 % del  $\text{VO}_2\text{max}$  (Helgerud *et al.*, 2001), y entre el 76,6 – 90,3% de su FCmáx (Stolen *et al.*, 2005).

Existe una correlación significativa entre el  $\text{VO}_2\text{max}$  y la distancia total recorrida por el futbolista (Hoff, 2005). Además, los futbolistas con valores más altos de  $\text{VO}_2\text{max}$  presentan una actividad mayor en acciones de alta intensidad y sprint, y tienen una mejor

recuperación entre esfuerzos de alta intensidad (Chamari *et al.*, 2005; Hoff, 2005; Helgerud, Rodas, Kemi, & Hoff, 2011; Ziogas *et al.*, 2011). A pesar de todo, el VO<sub>2</sub>máx no parece ser un factor limitante del rendimiento en fútbol (Sánchez & Salas, 2009), ya que, el rendimiento deportivo de un futbolista depende entre otros factores los contenidos técnicos, tácticos, psicológicos y sociales de la acción futbolística (Vargas, 2007), aunque sí que parece existir un umbral entre 58-60 mL/kg/min, por debajo del cual es difícil alcanzar niveles elevados de rendimiento (Reilly *et al.*, 2000; Sánchez & Salas, 2009). Se ha visto la importancia del metabolismo aeróbico dentro del rendimiento en el fútbol, aunque hay que destacar que las acciones decisivas como saltos, sprints, aceleraciones, etc., son dependientes del metabolismo anaeróbico (Falces-Prieto *et al.*, 2018; Meylan & Malatesta, 2009), ya que, un jugador de fútbol de élite realiza por partido una media de 150-250 acciones intensas breves (Mohr *et al.*, 2003), lo que provoca una disminución de las reservas de fosfocreatina (PC) llegando a reducciones del 25-30 % respecto a los valores de reposo durante diferentes momentos del juego (Bangsbo *et al.*, 2006; Krstrup *et al.*, 2006).

Para entender los efectos del metabolismo anaeróbico, se han evaluado las concentraciones de lactato (LA) antes, durante y después de los partidos de fútbol, presentando valores medios de 2-10 mmol/L (Capranica, Tessitore, Guidetti, & Figura, 2001). Es imprescindible conocer que las mediciones de LA se ven influenciadas por las acciones previas a la medición realizadas por el sujeto, ya que a períodos intensos de actividad le siguen períodos de baja intensidad para poder eliminar este LA resultante (Stolen *et al.*, 2005). Se debe tener en cuenta que un partido de fútbol produce un estrés tanto metabólico como mecánico en los jugadores, lo cual se observa con la alteración de algunos marcadores bioquímicos como la creatina kinasa (CK), la úrea, el ácido úrico o la mioglobina (Andersson *et al.*, 2008; Ascensão, Leite, Rebelo, Magalhães, & Magalhães, 2011; Devrnja & Matković, 2018). Este estrés y daño muscular varía entre futbolistas en función de algunas de sus características físicas (Devrnja & Matković, 2018). Como ejemplo, encontramos la investigación de Owen *et al.*, (2015), en la que demuestran que los jugadores con mayores valores de fuerza en el tren inferior presentan generalmente menores niveles de CK 48 horas después de participar en un partido de fútbol. En la misma línea, Devrnja & Matković (2018), demostraron en jugadores jóvenes de fútbol, valores significativamente más altos de mioglobina, creatina quinasa, lactato deshidrogenasa, aminotransferasa, fosfatasa alcalina y gamma-glutamyl-transferasa después de los partidos, así como el número total de leucocitos y la concentración de proteína C-reactiva como indicadores de inflamación. A medida que aumentaba la concentración de proteína muscular, también se produjeron reacciones inflamatorias que causaban un elevado daño muscular.

**Tabla 3.** Cambios en los valores de los indicadores indirectos de daño muscular y la inflamación (Devrnja & Matković, 2018).

Variable	PRE-GAME Mean±SD	POST-GAME Mean±SD	Mean of the pre- and post-game difference (CI)	T-test	p
Leukocytes (x10 <sup>9</sup> /L)	6.32 ± 1.22	9.47 ± 2.43	-3.15 (-3.84 - -2.46)	-9.17	<.001
AST (U/L 37°C)	24.26 ± 8.43	30.44 ± 10.16	-6.19 (-7.24 - -5.13)	-11.82	<.001
ALT (U/L 37°C)	17.40 ± 5.92	18.12 ± 6.51	-0.72 (-1.17 - -0.27)	-3.25	<.002
GGT (U/L 37°C)	13.81 ± 3.67	14.63 ± 3.73	-0.81 (-1.14 - -0.49)	-5.07	<.001
LDH (U/L 37°C)	208.67 ± 43.74	261.86 ± 60.04	-53.19 (-73.69 - -32.68)	-5.23	<.001
ALP (U/L 37°C)	135.84 ± 60.21	139.37 ± 64.75	-3.53 (-5.66 - -1.41)	-3.36	<.001
CRP (mg/L)	0.96 ± 1.15	0.94 ± 1.10	0.01 (-0.02 - 0.05)	0.77	<.050

Note. CI=95% confidence interval

Por ello, los futbolistas necesitan de un adecuado soporte condicional (Brink, Nederhof, Visscher, Schmikli, & Lemmink, 2010) que les permita realizar todas las acciones requeridas por el juego con la máxima eficacia posible (Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009). Debido a las demandas intermitentes de la competición (Di Salvo *et al.*, 2007), y a la importancia tanto del metabolismo aeróbico (Hoff & Helgerud, 2004; Ziogas *et al.*, 2011) como anaeróbico (Hoff & Helgerud, 2004; Iaia *et al.*, 2009; Stølen *et al.*, 2005) en el rendimiento de los jugadores, éste deporte requiere de un óptimo desarrollo de las cualidades de fuerza y resistencia (Hoff & Helgerud, 2004). Además, el período competitivo en este deporte es muy largo, pudiendo extenderse hasta los 10-11 meses (Silva *et al.*, 2011), en los que los futbolistas pueden jugar hasta 2 partidos por semana (Dupont *et al.*, 2010). De esta forma, algunos jugadores internacionales de primer nivel pueden llegar a jugar más de 60 partidos por temporada (Dellal, Chamari, & Owen, 2013). Por esta razón y debido a las elevadas exigencias competitivas que implica el deporte del fútbol, es necesario que profesionales especializados como los preparadores físicos o los científicos del deporte, incorporen a sus competencias profesionales tareas relacionadas con el control y la programación de la carga de entrenamiento.

### 1.8. Salto vertical en fútbol.

La máxima potencia mecánica desarrollada por la musculatura es un elemento esencial en el rendimiento de muchos deportes. Los test de salto vertical son frecuentemente utilizados para evaluar la potencia de la musculatura extensora de las extremidades inferiores (Benítez-Jiménez, Falces-Prieto, & García-Ramos, 2020; Falces-Prieto *et al.*, 2018). Más aún, en deportes que impliquen saltos o cambios rápidos de posición (Vandewalle *et al.*, 1989). Dentro de esta categoría podríamos incluir el fútbol, modalidad deportiva en la que el salto es una acción repetida en múltiples ocasiones (Jiménez, Parra, Pérez, & Grande, 2009), ya que, los futbolistas suelen realizar acciones de salto sobre todo cuando se acercan al balón, corren, esprintan y/o disparan a portería (Muñoz-Fernández-Arroyo, 2015). Todas estas actividades requieren un elevado grado de potencia generada por las extremidades inferiores, habiendo sido demostrado que son importantes en el rendimiento en fútbol (Castagna & Castellini, 2013; Malina *et al.*, 2005). El rendimiento de estas acciones se ve favorecido por el CEA (Falces-Prieto *et al.*, 2018; Sáez de Villarreal, 2004). El CEA, maximiza la producción de fuerza muscular, mejora la eficiencia del movimiento y aprovecha las propiedades elásticas de músculos y

tendones para almacenar energía durante el contramovimiento y liberarla durante la propulsión (Komi & Bosco, 1978; Sáez de Villarreal, 2004). Uno de los test más utilizados para evaluar la capacidad de aplicar fuerza del tren inferior mediante la aplicación del CEA, son los saltos verticales y más en concreto el CMJ, (McMahon, Jones, Suchomel, Lake, & Comfort, 2017). El CMJ se usa ampliamente en fútbol como una prueba de campo porque es simple de realizar y está estrechamente relacionado con las acciones realizadas durante el juego (Quagliarella *et al.*, 2011).

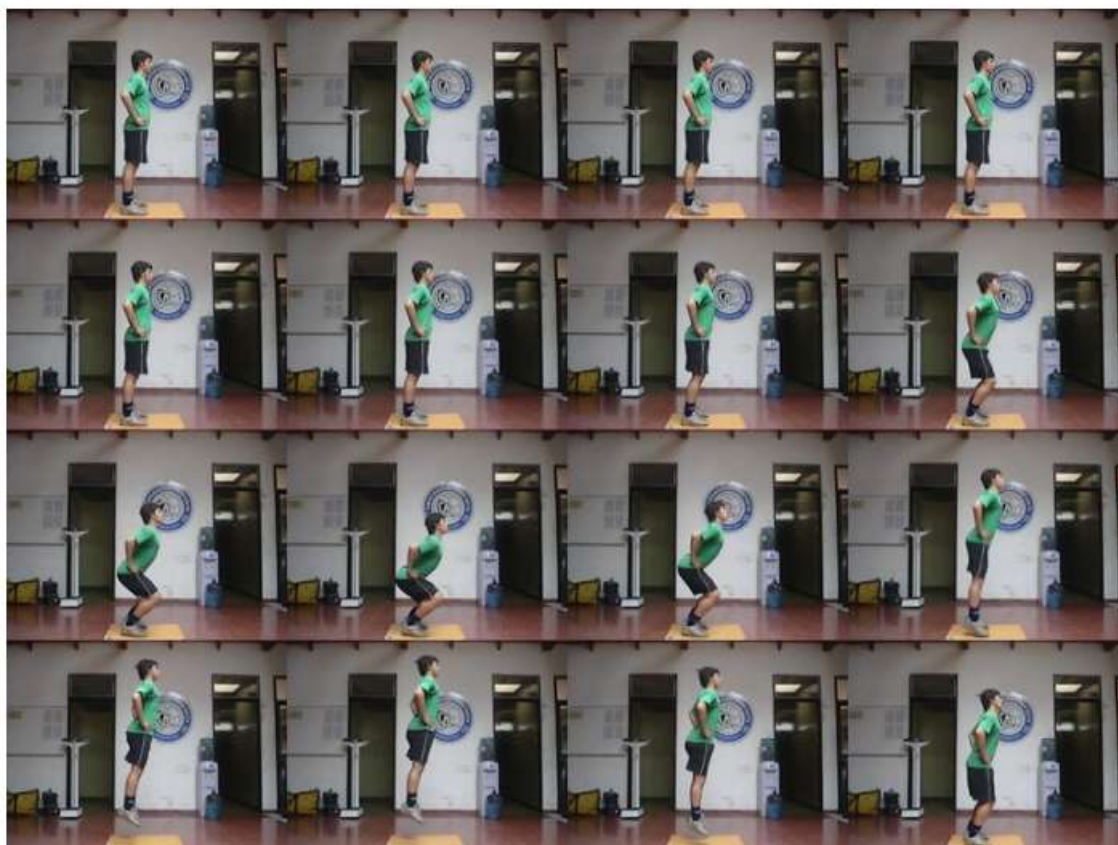
Entre otras funcionalidades del CMJ, encontramos su utilidad para estimar la producción de fuerza por unidad de tiempo (RFD), la valoración de la fuerza y potencia muscular (Vandewalle, Péérès, & Monod, 1987), la determinación de la composición de fibras musculares e incluso la cuantificación de la contribución de la energía acumulada en los elementos elásticos (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983). Además, la altura alcanzada en el CMJ se relaciona con la capacidad de aceleración y de realizar COD a alta intensidad (Ferrando-Fenoll & Schneider-Tirado, 2013) y la capacidad de recuperación tras ejercicio intenso (McHugh *et al.*, 2019). Los principales grupos musculares que participan en la capacidad de salto medida durante el test CMJ son los extensores de rodilla, cadera y tobillo, los cuales contribuyen en valores aproximados al 49%, 28% y 23 %, respectivamente (Sáez de Villarreal, 2004).

**Tabla 4.** Comparativa de valores CMJ en distintas categorías de fútbol masculino según la edad. Van Winckel *et al.*, (2014).

Comparativa con jugadores de élite (selección)			
Categoría	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Media (cm)
Elite U16	21,4	53,5	34,98
Elite U17	23,8	47,1	34,26
Elite U19	24,8	49,34	38,53
Elite U21	28,3	49,9	38,91
Elite 1er Equipo	28,7	59,4	42,12

Para la explicación del test CMJ y su ejecución técnica, nos basaremos en la descripción propuesta por Masse, (2013). *En esta prueba el individuo se encuentra en posición erguida con las manos en la cintura, teniendo que efectuar un salto vertical después de un rápido contramovimiento hacia abajo. Durante la acción de flexión de rodillas y cadera, el tronco debe permanecer lo más erguido posible para evitar cualquier posible influencia de la extensión del tronco en el rendimiento de los miembros inferiores. En este salto, el atleta ingresa a la plataforma, sitúa la vista al frente, ambas manos en las caderas. En un movimiento descendente rápido y continuo dobla las rodillas (fase excéntrica) hasta un ángulo de flexión de 90° (fase isométrica o acoplamiento) manteniendo el tronco lo más próximo al eje vertical posible y desde allí genera la impulsión vertical (fase concéntrica) que lo eleva. Durante toda la fase de vuelo al atleta debe mantener sus miembros inferiores y tronco en completa extensión, hasta la*

*recepción con la plataforma. Es muy importante comprender que la recepción durante la caída debe ejecutarse en flexión plantar a nivel del tobillo (extensión de la articulación del tobillo) y en extensión de rodilla y cadera, para luego si generar flexión de los núcleos articulares y amortiguar el impacto generado por la masa corporal durante la caída del salto.*



**Ilustración 16.** Fases del salto con contramovimiento CMJ. Masse, (2013).

La relación entre trabajos de fuerza y mejora en CMJ queda reflejada en estudios como el de Méndez-Galvis, Márquez-Arabia, & Castro-Castro, (2007), en donde implementaron un trabajo de fuerza máxima entre el 75 y 85% de 1-RM en 60 jugadores de fútbol, produciendo mejoras en SJ y CMJ estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), tanto a las 6 semanas, como entre las 6 y las 12 semanas. Otro caso parecido es el estudio de Comfort, Stewart, Bloom, & Clarkson, (2014), donde 34 jugadores jóvenes de fútbol, entrenaron durante media temporada combinando 4-5 sesiones de entrenamiento específico técnico-táctico más 2 sesiones de entrenamiento de fuerza a la semana, mejorando los parámetros en CMJ ( $p < 0.001$ ).

### **1.9. Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max)**

Uno de los parámetros más relevantes en la evaluación funcional es el VO<sub>2</sub>max (Casajús, Piedrafita, & Aragonés, 2009). El VO<sub>2</sub>max se puede definir como la capacidad integrada máxima de los sistemas pulmonar, cardiovascular y muscular para absorber, transportar y utilizar O<sub>2</sub>, respectivamente (Casajús *et al.*, 2009; Poole, Wilkerson, & Jones, 2008;



Smirmaul, Bertucci, & Teixeira, 2013). El VO<sub>2</sub>max puede mantenerse aproximadamente durante 2 a 4 segundos, aunque existen investigaciones que puede hacerlo hasta 9 segundos (Balius-Matas & Pedret-Carballido, 2013).

Es ampliamente utilizado para la evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria y para la prescripción y el monitoreo del entrenamiento deportivo (Cândidoa, Queiroz-Sarnaglia, Perez, & Carletti, 2019). A pesar de estudiarse durante aproximadamente un siglo, las preguntas sobre el VO<sub>2</sub>max siguen siendo fuente de debate y desacuerdo en la literatura (Smirmaul *et al.*, 2013). Sus aplicaciones son numerosas y puede ser aplicado en atletas de élite o hasta en individuos con varias condiciones patológicas (Bassett & Howley, 2000; Mancini *et al.*, 1991). Según Balius-Matas & Pedret-Carballido, (2013), el aumento del VO<sub>2</sub>max está limitado por la cantidad de enzimas oxidativas en las mitocondrias, ya que el entrenamiento de resistencia aumenta sustancialmente la cantidad de estas enzimas, lo cual permite a los músculos activos utilizar una mayor cantidad de oxígeno disponible y producir así un aumento en el VO<sub>2</sub>max. Por lo tanto, la incapacidad de las mitocondrias de utilizar el O<sub>2</sub> disponible más allá de cierto ritmo es una de las principales limitaciones del VO<sub>2</sub>max.

Con respecto a la relación entre VO<sub>2</sub>max y el rendimiento en el fútbol, debemos indicar que es de suma importancia (Flouris *et al.*, 2004). Por esta razón, es un parámetro importante del acondicionamiento físico individual (Silva *et al.*, 2011). Durante un partido de fútbol, el porcentaje de frecuencia cardíaca máxima (FC Máx) que se alcanza está cerca del umbral anaeróbico, normalmente entre 80-90 % de FC máx (Falces-Prieto *et al.*, 2015a; Krstrup *et al.*, 2006), el cual, presenta unos valores medios en futbolistas masculinos de entre 55-70 mL/kg/min del VO<sub>2</sub>max, estando el umbral anaeróbico en futbolistas de élite entre el 80-85 % del VO<sub>2</sub>max (Helgerud *et al.*, 2001), y entre el 76,6 – 90,3% de su FCmáx (Reilly & Ekblom, 2005; Stolen *et al.*, 2005).

Existe una correlación significativa entre el VO<sub>2</sub>max y la distancia total recorrida por el futbolista (Bangsbo *et al.*, 2006; Hoff, 2005) o con la tabla de posiciones (Wisløff, Helgerud, & Hoff, 1998). Por otro lado, también se sabe que un elevado VO<sub>2</sub>max permite mantener el correcto desempeño técnico durante el juego, retrasando la aparición de la fatiga y aumentando hasta en un 100% el número de sprint realizados durante un partido de fútbol (Helgerud *et al.*, 2001). Además, los futbolistas con valores más altos de VO<sub>2</sub>max presentan una actividad mayor en acciones de alta intensidad y sprint, y tienen una mejor recuperación entre esfuerzos de alta intensidad (Chamari *et al.*, 2005; Hoff, 2005; Helgerud, Rodas, Kemi, & Hoff, 2011; Ziogas *et al.*, 2011). A pesar de todo, el VO<sub>2</sub>max no parece ser un factor limitante del rendimiento en fútbol (Sánchez & Salas, 2009), ya que, el rendimiento deportivo de un futbolista depende entre otros factores los contenidos técnicos, tácticos, psicológicos y sociales de la acción futbolística (Vargas, 2007), aunque sí que parece existir un umbral entre 58-60 mL/kg/min, por debajo del cual es difícil alcanzar niveles elevados de rendimiento (Reilly *et al.*, 2000; Sánchez & Salas, 2009).

Aunque el entrenamiento de resistencia inhibe o interfiere sobre el desarrollo de la fuerza y viceversa (Dudley & Djamil, 1985; Hennessy & Watson, 1994), la mejora del VO<sub>2</sub>max después de los programas de entrenamiento de fuerza también se relaciona con un aumento de la capacidad oxidativa muscular a través del aumento de la citrato-sintasa y

la producción de ATP muscular (Santos *et al.*, 2018). Además, algunos estudios han encontrado mejoras en el  $\text{VO}_2\text{max}$  de hasta el 23% después de un entrenamiento de fuerza con sobrecargas (Carrasco-Martínez, Marín-Pagán, & Alcaraz-Ramón, 2019). Por último, Jukic *et al.*, (2020), evidencian que el entrenamiento de fuerza en circuito, es un método efectivo para el desarrollo concurrente del  $\text{VO}_2\text{max}$ . Grieco, Cortes, Greska, Lucci, & Onate, (2012), evidenciaron que tras un entrenamiento combinado de fuerza y pliometría durante 10 semanas en jugadoras de fútbol ( $19.0 \pm 0.7$  años), se produjo un aumento significativo (10.5%;  $p < 0.008$ ) sobre el  $\text{VO}_2\text{max}$ . Ramírez-Campillo *et al.*, (2015a), demostraron que tras un entrenamiento de fuerza pliométrica combinado (vertical y horizontal) en jugadores jóvenes de fútbol durante 6 semanas, se produjeron mejoras significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la capacidad de salto, equilibrio y resistencia intermitente. Ferrete *et al.*, (2014), evidenciaron que tras un entrenamiento de fuerza y entrenamiento de alta intensidad durante 26 semanas en grupos prepúberes, incrementos significativos ( $p < 0.05$ ) fueron observados en el test Yo-Yo en el grupo control y experimental entre el pre y post-test (49.57%, TE = 1.39; 19.67%, TE = 0.55), respectivamente.

Aun así, existen pocos estudios que hayan examinado el impacto y las adaptaciones del entrenamiento de fuerza sobre el de resistencia y por ello, se hacen necesarias futuras investigaciones (Grieco *et al.*, 2012; Ozaki, Loenneke, Thiebaud, & Abe, 2013).

### **1.10. La composición corporal en fútbol.**

El fútbol y todos los parámetros que afectan al rendimiento (condicionales, técnicos, tácticos, edad, sexo, etc.), han evolucionado a lo largo de estos años hacia un trabajo más específico e individual desde el área de rendimiento profesional y áreas de formación y detección de talentos (Falces-Prieto *et al.*, 2015b). Actualmente, muchos de los indicadores de rendimiento en fútbol que se pueden encontrar en la literatura son: el uso de sistemas globales de posición (GPS) (Aughey, 2011), valoración de la frecuencia cardíaca (Falces-Prieto *et al.*, 2015a), niveles de lactato en sangre (García-Tabar, Rampinini, & Gorostiaga, 2019), escalas de percepción subjetiva del esfuerzo (Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004), test de saltos (Thomas, French & Hayes, 2009), test de resistencia (Fanchini, Castagna, Coutts, Schena, McCall & Impellizzeri, 2014), entre otros. Sin embargo, pocos estudios se centran en la variable de CC para la evaluación directa del rendimiento en fútbol y las adaptaciones que producen los distintos ciclos de entrenamiento durante la temporada, no ocurriendo lo mismo en otros deportes de equipo como balonmano, baloncesto y rugby 7, donde sí existe una mayor relación entre antropometría y perfil fisiológico de los jugadores profesionales (Brocherie *et al.*, 2014). Aunque se trata de un método de valoración relativamente reciente, existen estudios que intentan definir en términos de CC, somatotipo y proporcionalidad morfológica, las características individuales de los jugadores (Gardasevic & Bjelica, 2020; Gardasevic, Bjelica, & Vasiljevic, 2019; Herdy, 2015; Zúñiga-Galavíz & de León-Fierro, 2007a).

Según Brocherie *et al.*, (2014), la amplia aplicación del análisis de la CC y perfil antropométrico en investigaciones de ciencias del deporte se ha llevado a cabo para facilitar la comprensión de la relación entre las variables morfológicas clave y el rendimiento deportivo. Como se indica en el estudio de Zúñiga-Galavíz & de León-Fierro (2007b), la determinación del físico a partir de variables de CC, también es una parte importante en la evaluación integral de un deportista, ya que puede ser empleado tanto



para la detección y selección de jugadores, como para determinar la ubicación en una disciplina deportiva o posición específica dentro de su disciplina deportiva. En la actualidad, la CC y las características antropométricas de los sujetos son poco consideradas en la selección de los jóvenes deportistas, ya que, muchas veces se pone la atención en las habilidades que cada individuo tiene en su respectiva especialidad (Jorquera-Aguilera, Rodríguez-Rodríguez, Torrealba-Vieira & Barraza-Gómez, 2012) o se dedica mucho más tiempo a aumentar las aptitudes físicas de los deportistas sin tener en cuenta la evaluación de su CC y su estado nutricional (Triki *et al.*, 2013), aun sabiendo que actualmente existen diferencias atendiendo a las demandas fisiológicas según la posición del jugador y con respecto a su peso, talla e índice de masa corporal (Wong, Chamari, Dellal & Wisløff, 2009). Por ello, los deportistas, sean profesionales o no, deben mantener una CC óptima durante toda la temporada, sobre todo en un deporte como el fútbol, donde el exceso de masa grasa y una insuficiente masa libre de grasa podrían tener una implicación negativa para el rendimiento (Bunc, Hraský, & Skalská, 2015), ya que la CC es un buen indicador de salud, por lo que todo deportista ha de tener un control constante de la misma, ya que, es lógico pensar que un deportista con un estado de salud óptimo obtendrá un rendimiento mayor y por supuesto más estable (García-García, Cancela-Carral, Oliveira-Núñez & Mariño-Torrado, 2009).

Si nos referimos al estudio de la CC en fútbol y su relación con la salud y lesiones, comúnmente se hace referencia al índice de masa corporal (IMC) en lugar del %MG, sin embargo, se ha determinado que la grasa y la circunferencia abdominal, así como el sobrepeso indicado en %MG son mejores discriminadores de riesgo de lesión y estado de salud que el IMC (Medina, Lizarraga, & Drobnick, 2014; Nye *et al.*, 2014). Según Suárez-Carmona & Sánchez-Oliver, (2018), el IMC no distingue entre la masa libre de grasa, donde incluimos la masa muscular (MM) o el hueso, y la masa grasa (MG) y tampoco la distribución de la misma, sabiendo que la grasa abdominal, especialmente la intra-abdominal, y la grasa de la región glúteo femoral pueden incluso tener un impacto mayor en la salud. Bunc *et al.*, (2015), Medina *et al.*, (2014) y Osorio, Clavijo, Arango, Patiño, & Gallego, (2007), han relacionado un peso corporal elevado y el aumento del %MG, con un mayor impacto en acciones locomotoras propias del fútbol como son la carrera o el salto, creando un estrés mecánico en el sistema articular y el esqueleto axial, aumentando el riesgo de sufrir lesiones.

Otros autores que han relacionado la CC con las lesiones sufridas por los futbolistas, demostraron que la ratio masa grasa/masa ósea de un segmento corporal se correlacionaba de manera inversa con el riesgo de lesión (Medina *et al.*, 2014). Campos *et al.*, (2014), indicaron que bajos valores de masa libre de grasa (MLG) están asociados a bajos niveles de fuerza, lo que conlleva a lesiones deportivas. Del mismo modo, Kemper *et al.*, (2015), relacionaron el aumento del IMC y valores bajos de %MG con un mayor riesgo de lesión para jóvenes futbolistas. Por último, Perroni, Vetrano, Camolese, Guidetti, & Baldari, (2015), evidenciaron que a mayor MM y menos MG, permiten al jugador evitar lesiones traumáticas derivadas del contacto.

Aunque los entrenamientos de fuerza producen determinadas mejoras neuromusculares, se suelen prescribir por sus beneficios relacionados con los aumentos de fuerza muscular y los efectos sobre la CC (Orquín-Castrillón, Torres-Luque, & Ponce de León, 2009). Entre las adaptaciones más relevantes sobre la CC, destaca el incremento del tamaño de

la sección transversal de las fibras musculares (hipertrofia muscular) (Brandenburg & Docherty, 2006; Folland & Williams, 2007), la mejora de la densidad mineral ósea (DMO), especialmente en los lugares cercanos a los músculos que intervienen en el ejercicio (Orquín-Castrillón *et al.*, 2009), así como el aumento de la calidad del hueso, haciéndolo más resistente (Warburton, Gledhill, & Quinney, 2001) y la disminución de los valores de MG corporal (Ahtiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer, & Häkkinen, 2005).

Recientemente, investigaciones en el fútbol han descrito cambios en la CC después de un programa de entrenamiento de fuerza (Barjaste & Mirzaei, 2018; Castiblanco & Suárez, 2013; Falces-Prieto *et al.*, 2020; Suárez Arrones *et al.*, 2019; Suárez-Arrones *et al.*, 2018b). La influencia del entrenamiento de fuerza sobre la CC se ha convertido en un importante tema de investigación dado que la prevalencia de obesidad en niños y adolescentes continúa aumentando (Faigenbaum & Myer, 2010).

Para conseguir mejoras en FM y en CC se pueden utilizar diferentes métodos de entrenamiento (Orquín-Castrillón *et al.*, 2009). Estudios del entrenamiento en circuito de 12 semanas de duración, con intensidades comprendidas entre el 20 y el 40% de una repetición máxima (1RM), producen aumentos en fuerza del 2 al 17 % y las adaptaciones obtenidas en los %MG son de una disminución hasta del 3 al 4% (Gettman, Ward, & Hagan, 1982; Kaikkonen, Yrjämä, Siljander, Byman, & Laukkanen, 2000). En programas de entrenamiento de fuerza de 10 semanas de duración utilizando intensidades de entrenamiento entre el 40 y el 60% de 1RM se observaron mejoras en fuerza máxima comprendidas entre el 6 y el 42% y disminuciones de hasta 2,6% en los %MG (Harber, Fry, Rubin, Smith, & Weiss, 2004). Si se analizan los estudios de 8 semanas de duración con unas intensidades en torno al 40% de 1RM, se observaron incrementos del 5 al 32% en fuerza máxima y una disminución comprendida entre el 2 y el 4,3% en %MG (Garbutt, Boocock, Reilly, & Troup, 1994). Por último, Falces-Prieto *et al.*, (2020), en su estudio de 8 semanas de entrenamiento de fuerza con autocargas en jugadores jóvenes de fútbol, se produjo una disminución significativa de la masa corporal (MC) en el grupo Sub17 ( $p<0.001$ ). Los grupos Sub17 y Sub19 mostraron una disminución significativa en % MG ( $p<0.001$ ) y, por último, se produjo un aumento significativo en la MM ( $p<0.001$ ) en todos los grupos.

Esta realidad ha derivado en la publicación de estudios centrados en el uso de la CC como método para optimizar el entrenamiento y obtener marcos comparativos de jugadores a nivel de fútbol base y profesional (Barjaste & Mirzaei, 2018; Corluka *et al.*, 2018; Falces-Prieto *et al.*, 2020; Gardasevic *et al.*, 2019; Suárez-Arrones *et al.*, 2019; Suárez-Arrones *et al.*, 2018a; Suárez-Arrones *et al.*, 2018b), lo que ayuda a los entrenadores y preparadores físicos a obtener nuevas herramientas de evaluación en la cuantificación y control del rendimiento deportivo de sus jugadores. Por todo ello, el entrenamiento de fuerza puede resultar un método válido y eficaz para producir mejoras en la CC, aunque debemos seguir ampliando el campo de investigación en este topic.

#### **1.10.1. Características antropométricas del futbolista**

En general, los jugadores de los equipos de fútbol de élite parecen formar un grupo relativamente heterogéneo con respecto a valores antropométrico. Reilly, Secher, Snell, & Williams (1990), evaluaron 9 equipos de fútbol profesional, obteniendo valores medios de  $74 \pm 1,6$  kg de peso y  $177 \pm 15$  cm de altura. Del mismo modo, se han reportado % de

Masa Grasa (%MG) de  $10,6 \pm 2,6$  % y masa muscular de  $62,2 \pm 2,9$  kg (Rienzi, Mazza, Carter, & Reilly, 1998). Estos datos están en concordancia con el estudio de Reilly, Bangsbo, & Franks, (2000), los cuáles, indicaron que antropométricamente, un futbolista tiene una altura media de 167-190 cm, una masa corporal entre 75-80 kg y un % MG cercano al 10 %, aunque estos valores varían entre puestos específicos.

Según Ekblom (1986), las características de peso, talla y % graso no son esenciales para jugar bien al fútbol, puesto que no existen unas características específicas del futbolista. Carling & Orhant (2010), evidenciaron que existen diferencias antropométricas en los jugadores de fútbol que los hacen tener cierta predisposición para jugar en las distintas demarcaciones. Resulta coherente pensar que el estudio de la CC puede ser un factor importante dentro de las variables de condición física necesarias para el desarrollo del fútbol (Falces-Prieto *et al.*, 2015b), ya que, en este deporte, el peso corporal debe ser movido repetidamente contra la gravedad en la carrera o en el salto durante el partido (Casajús, 2001; Strudwick, Reilly, & Doran, 2002). Además, se ha sugerido que el % de MG puede influenciar la carga que un jugador debe soportar durante un partido (Muñoz-Fernández-Arroyo, 2015), por tanto, un % MG bajo creará menor demanda fisiológica en el organismo (Rico-Sanz, 1997).

Adentrándonos en las diferencias existentes entre variables antropométricas atendiendo a la demarcación específica, parece que la altura tiende a ofrecer ventajas para los porteros, defensas centrales y delanteros centro (Reilly *et al.*, 2000). Entre los jugadores participantes en la copa del mundo de fútbol de los años 2002 y 2006, se observó que los porteros fueron significativamente más altos, pesados y con mayor % MG que los defensores, centrocampistas y delanteros, mientras que los centrocampistas fueron significativamente más bajos y ligeros que el resto de demarcaciones (Muñoz-Fernández-Arroyo, 2015). Por último, los delanteros fueron los jugadores que tuvieron mayores niveles de MM (Gil, Gil, Ruíz, Irazusta, & Irazusta, 2007; Gravina, Gil, Ruiz, Zubero, & Irazusta, 2008).

Abordando las variables de antropometría en fútbol formativo, nos encontramos con estudios que reflejan la existencia de cambios antropométricos atendiendo a la demarcación específica y la edad. Así pues, Hernández-Camacho, Huelva-Leal, Martínez-Sanz, Lahoz-Ruano, & Vázquez-Carrión, (2018), arrojaron datos de antropometría para los grupos U19, U16 y U14. Con respecto a la variable altura, los datos fueron de  $175,88 \pm 5,49$ ;  $169,83 \pm 4,89$ ;  $155,02 \pm 6,64$  cm, para las categorías U19, U16 y U14 respectivamente. En el mismo orden de categorías, la variable peso fue de  $71,18 \pm 7,09$ ;  $60,76 \pm 4,71$ ;  $45,37 \pm 6,02$  kg respectivamente. Por último, con respecto al % MG los datos fueron de  $12,93 \pm 3,42$ ;  $12,66 \pm 2,95$ ;  $15,00 \pm 4,22$  % respectivamente.

Chena-Sinovas *et al.*, (2015), evidenciaron que en la categoría U13, los porteros eran más altos y pesados que el resto de demarcaciones, coincidiendo con estudios previos en jugadores inferiores a 14 años (Reilly *et al.*, 2000; Lago-Peñas, Casáis, Dellal, Rey, & Domínguez, 2011). Siguiendo con el estudio de Chena-Sinovas *et al.*, (2015), los porteros mostraron una mayor MM, tejido blando apendicular y área muscular del brazo que el resto de categorías, además de una mayor MG que los delanteros. Sin embargo, muchas de estas diferencias entre los porteros y el resto de demarcaciones desaparecen en la categoría U15 encontrándose diferencias en la MM con los delanteros y en el área

muscular del brazo con respecto a centrocampistas y delanteros, además de una mayor MG que delanteros y defensas. Previamente, Lago-Peñas *et al.*, (2011) indicaron que porteros y defensas de entre 12 y 19 años poseían una mayor MG que el resto de demarcaciones. En este sentido, se observó que entre las categorías U13 y U15 los porteros tenían unos mayores niveles de MG que el resto de demarcaciones (no así los defensas), la cual podría asociarse al menor gasto energético asociado al menor tiempo en movimiento que realizan los porteros en los entrenamientos y competencias (Rodríguez-Rodríguez, López-Fuenzalida, Holway, & Jorquera-Aguilera, 2019), mientras que en las subsiguientes categorías U17 y U19 fue la MM la que se mostró significativamente superior en los porteros (Chena-Sinovas *et al.*, 2015).

#### **1.10.2. Composición corporal en fútbol base y profesional**

En la base, la CC es un elemento más a tener en cuenta durante el desarrollo del jugador, por lo que ha sido estudiada a lo largo de las diferentes categorías de fútbol. Este elemento y su vinculación con el rendimiento deportivo son de gran valor para la detección de talentos, ya que, ayudaría a que el proceso de selección y ubicación de los deportistas en posiciones ideales, adecuadas a su físico, sería más objetiva, económica y eficaz (Zúñiga-Galavíz & de León-Fierro, 2007a; 2007b). Hasta donde sabemos, hay pocos estudios disponibles que examinen los efectos de una temporada de fútbol sobre antropometría, CC y aptitud física en jóvenes jugadores de fútbol de élite (Hammami *et al.*, 2013; Di Giminiani & Visca, 2017; Lesinski, Prieske, Helm, & Granacher, 2017).

Si atendemos a la tabla 5 (Calahorra, Zagalaz, Lara & Torres-Luque, 2012), se pueden observar las diferencias en cuanto a masa, talla, IMC, %MG y porcentaje de masa muscular (%MM), en un grupo de jugadores de fútbol de categoría infantil, cadete y juvenil de una cantera de un equipo de primera división española.

**Tabla 5.** Variables Antropométricas de jugadores de fútbol de categoría infantil, cadete y juvenil de una cantera de un equipo de primera división española. (Calahorra *et al.*, 2012).

Grupo	Puesto (cod)	N	Masa (kg)		Talla (cm)		IMC (kg·m <sup>-3</sup> )		% Graso (%)		% musc. (%)	
			X±SD	Diferencia	X±SD	Diferencia	X±SD	Diferencia	X±SD	Diferencia	X±SD	Diferencia
Grupo A Infantiles	Porteros (1)	2	61,44±8,54		164,00±7,07		22,77±1,21		18,27±6,50		37,28±3,20	
	Defensas (2)	6	50,59±3,44		163,33±4,03		18,95±0,90		10,91±1,29		37,54±1,89	
	Mediocampistas (3)	6	45,69±2,76		158,00±4,32		18,31±1,19		14,27±5,05		40,12±2,14	
	Delanteros (4)	5	56,44±4,64		167,25±4,35		20,17±1,40		10,47±1,14		35,80±1,91	
	Total (a)	19	53,54±4,85		163,14±9,94		20,05±1,18		13,48±3,49		37,69±2,90	ab***;
Grupo B Cadetes	Porteros (5)	2	71,66±0,00		177,00±0,00		22,87±0,00		7,81±0,00		52,03±0,00	ac***;
	Defensas (6)	7	65,85±5,80	ab***;	173,60±5,55	ab***;	21,91±0,90	ab***;	10,61±3,50		50,47±2,25	bc***;
	Mediocampistas (7)	9	66,39±5,03	ac***;	171,75±8,33	ac***;	22,56±1,78	ac***;	12,66±4,68		49,48±3,01	1-5***;
	Delanteros (8)	3	63,72±2,69	2-6***;	166,67±6,66	2-10***;	23,04±2,63	2-10***;	11,88±7,56		50,02±4,48	2-6***;
	Total (b)	21	66,90±3,38	2-10***;	172,25±5,135	3-7***;	22,59±1,32	3-11***	10,74±3,94		50,51±2,44	3-11***;
Grupo C Juveniles	Porteros (9)	3	70,61±3,86	3-7***;	179,00±3,61	3-11***	22,04±1,30		10,94±3,67		31,23±1,24	4-8***;
	Defensas (10)	8	74,19±6,10	3-11***	180,40±1,14		22,79±1,75		10,69±3,32		30,73±0,38	5-9***;
	Mediocampistas (11)	12	68,29±5,30		175,50±4,14		22,17±1,56		12,21±2,93		32,51±1,55	6-10***;
	Delanteros (12)	6	68,74±5,85		181,33±6,11		20,90±1,42		7,99±0,75		30,47±2,01	7-11***;
	Total (c)	29	70,46±5,28		179,06±3,75		21,98±1,51		10,46±2,67		31,24±1,30	8-12***
	Total	69	63,49±9,49		171,48±6,27		21,48±2,04		11,59±3,91		39,71±8,27	
cod (código); IMC: índice de masa corporal; % graso: porcentaje graso; % musc: porcentaje muscular; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001.												

Se ha detectado que el paso de categoría sub-13 a sub-15, es dónde más cambios en referencia a la CC se manifiestan (Calahorra *et al.*, 2012; Herdy, 2015; Perroni *et al.*, 2015), ya que, coinciden con el periodo de inicio y fin de la adolescencia (Chena-Sinovas *et al.*, 2015). Estas diferencias dentro del mismo desarrollo madurativo, indican que el paso de fútbol base a profesional puede ser muy complicado, ya que, existen diferencias en la estructura corporal y cómo se indica en el estudio de Jorquera *et al.*, (2012), los jóvenes futbolistas demuestran una falta de desarrollo madurativo y deportivo, que según la evidencia los hace menos aptos físicamente para enfrentarse a las exigencias físicas típicas del fútbol profesional. Es por ello, que adquieren importancia los estudios existentes sobre los cambios en la CC a lo largo de una misma temporada y su relación con el rendimiento en estos grupos de población (Silvestre *et al.*, 2006).

Según el estudio de Iga, Scott, George, & Drust, (2014), las evaluaciones de la CC son comúnmente realizadas por los clubes de fútbol profesionales como parte de sus procedimientos de control rutinarios tanto a jugadores profesionales como a su fútbol base. Núñez, Munguía-Izquierdo, Petri, & Suárez-Arrones, (2019), mostraron que la relación entre los partidos jugados y la CC no demostró ninguna asociación significativa en los jugadores profesionales de fútbol, pero sugirieron que las variaciones en la CC a lo largo de la temporada probablemente estén más relacionadas con la densidad o la importancia de los partidos.

Atendiendo al rendimiento de los jugadores profesionales, entre los estudios realizados a lo largo de una temporada, Milanese, Cavedon, Corradini, De Vita, & Zancanaro (2012), indicaron que existen diferencias significativas en los patrones de CC entre extremidades superiores e inferiores y tronco. En cuanto a rendimiento deportivo, el estudio de Kalapotharakos, Strimpakos, Vithoulka, & Karvounidis (2006), demostró que los equipos con mejor posición en la tabla de clasificación, presentaron bajos valores de %MG en comparación con los equipos de media y baja posición de la misma división (ver tabla 6).

**Tabla 6.** Variables de rendimiento atendiendo a la posición en la tabla clasificatoria. (Kalapotharakos *et al.*, 2006).

	Best team	Middle team	Last team
Age (y)	26±4	24±4	23±3
Height (cm)	180±5	178±4	179±7
Body mass (kg)	78±4.5	74.8±4.2	75.3±6.4
Body fat (%)	9±1.8* #	10.6±2	11±1.7
V-4 mM (km/h)	14±0.8* #	13.2±0.7	13.3±0.8
CMJ (cm)	47.2±4.3* #	42.4±4.2	41.9±4.3
RKE (Nm)	276±33* #	231±41	239±45
LKE (Nm)	269±27* #	223±42	232±34

V-4 mM indicates running velocity at the lactate threshold (4 mmol/L); CMJ: countermovement jump; RKE: right knee extensors; LKE: left knee extensors.  
\*P<0.05 significant difference between B and M teams; #P<0.05 significant difference between B and L teams.

Un estudio reciente mostró que, durante una temporada, la MG no era diferente entre equipos, mientras que la MLG era mayor en jugadores profesionales de élite en comparación con jugadores jóvenes de élite (Milsom *et al.*, 2015; Núñez *et al.*, 2019).

La MLG contribuye a la producción de energía durante las actividades de alta intensidad y proporciona mayores valores de fuerza absoluta en tareas de resistencia con altas cargas dinámicas y estáticas (Mala *et al.*, 2015). Por lo tanto, Milsom *et al.*, (2015) sugieren que el entrenamiento y las intervenciones nutricionales en los jugadores de fútbol, deben estar más enfocadas a la ganancia de MM y no a la reducción de la MG.

En definitiva, la CC puede ser un factor clave en el fútbol, ya que puede ser usado para determinar el grado de preparación de los jugadores jóvenes y adultos para asimilar las cargas de entrenamiento, para evaluar su capacidad de entrenamiento, así como para evaluar la eficacia de los programas de entrenamientos.

### **1.11. Planificación, programación y evaluación del entrenamiento.**

En los últimos años, el avance del rendimiento deportivo ha sido muy importante, tanto en competiciones de carácter individual como colectivas. Por un lado, el deporte es un fenómeno competitivo con un importante componente motivacional que ha estimulado la práctica de largas y duras horas de trabajo. Y, por otra parte, el entrenamiento deportivo ha evolucionado hacia una mayor y sofisticación a consecuencia, en parte, del soporte de especialistas del deporte y científicos. Actualmente existe una base de conocimientos sobre el deporte más desarrollada, que se refleja en los aspectos metodológicos del entrenamiento. Las ciencias del deporte han evolucionado pasando de ser empíricas a científicas (Bompa, 2007).

Diferentes científicos y entrenadores a escala mundial han hecho grandes aportes a la planificación del entrenamiento deportivo en sus diferentes contextos. Es innegable los avances que generaron Ozolín, Matveev, Meinel, Tshiene, Parlebas, Verkhosansky, Bondarchuk, Grosser, Zintl, Zimmermann, Bompa, Commetti, Navarro, García-Manso, González-Badillo, Forteza, Viru y Viru, Seirulo, entre muchos otros. Sin embargo, el desarrollo de las diferentes modalidades deportivas y el surgimiento de otras, debe analizarse con detenimiento al momento de estructurar un plan para desarrollar las capacidades y habilidades de los deportistas (Costa, 2013; Jiménez-Trujillo, 2011). No es adecuado implementar un modelo de planificación genérico para todas las modalidades deportivas, debido a que los requerimientos de cada una de ellas son diferentes. Por tal motivo, debe considerarse y aplicarse el principio de especificidad (Aguilar, Calahorra, & Moral, 2009; Bernal-Reyes, Peralta-Mendivil, Gavotto-Nogales, & Placencia-Camacho, 2014). Así mismo, es importante que se consideren las características de los sujetos a los cuales se les aplicará el plan de entrenamiento, pues cada una de ellas, siguiendo el principio de individualidad, tiene rasgos, características y potenciales de desarrollo diferentes que las hacen particulares, y por ende es necesario aplicarles planes de entrenamiento individualizados (Bernal-Reyes *et al.*, 2014).

La planificación en los deportes de equipo tiene unas características propias: número de competiciones a lo largo de la temporada, posición en la tabla clasificatoria, jugadores disponibles. Todas estas causas y muchas otras condicionan enormemente la labor del entrenador (Masià, Deltell, Fonseca, & Eroles, 2012). Por ello, se hace necesario e indispensable entender y comprender los conceptos de planificación y programación del



entrenamiento. Otro aspecto que ha sido utilizado indistintamente para abordar el concepto de planificación del entrenamiento, es el concepto de periodización del entrenamiento, el cual, implica la estructuración general cíclica a largo plazo del entrenamiento y de las prácticas con el objetivo de mejorar el rendimiento y hacer que coincida con las competiciones más importantes (Jiménez-Trujillo, 2011). En el caso del fútbol, si bien existen algunos partidos más importantes que otros, todos tienen el mismo valor, ya que en todos están en juego tres puntos que se le otorgan al ganador. Lo que los hace más o menos decisivos en esa misma medida es la evolución de los resultados y la ubicación en la tabla de posiciones de los equipos contrarios con respecto a nuestro equipo.

A la guía programática que orienta el proceso de entrenamiento se le llama planificación y se describe como una coordinación a corto y largo plazo de todas las medidas necesarias para la realización del entrenamiento enfocadas hacia la mejora del rendimiento (Ramos-Bermúdez, & Taborda-Chaurra, 2001). La planificación del entrenamiento deportivo definida por García-Manso, Navarro-Valdivieso, & Ruiz-Caballero, (1996), hace referencia a la previsión con suficiente anticipación de los hechos y las acciones, de forma que su acometida se efectúe de forma sistemática y racional, según las necesidades y posibilidades reales, con aprovechamiento pleno de los recursos disponibles en el momento y previsibles en el futuro. Dicha planificación representa el plan o proyecto de acción que se realiza con el proceso de entrenamiento de un deportista para lograr los objetivos que lo lleven al alto rendimiento. La planificación del entrenamiento es un instrumento fundamental en la gestión del rendimiento deportivo, ya que las estructuras de la planificación, las formas de organización del entrenamiento y sus contenidos, conforman una estrecha ligazón con la dinámica de rendimiento pretendida (Navarro-Valdivieso, 2001). Por ello, el proceso de planificación es un procedimiento metódico y científico para ayudar a los deportistas a lograr elevados niveles de entrenamiento y rendimiento (Bompa, 2007).

**Tabla 7.** Aspectos clave de la planificación deportiva (Masià *et al.*, 2012).

Aspectos claves
La planificación es una propuesta teórica de todos los elementos presentes en el entrenamiento.
La planificación nos permite controlar y reajustar el entrenamiento con el fin de optimizar resultados.
La planificación deportiva esta basada en un modelo, por lo tanto, es hipotética y esta sujeta a diferentes interpretaciones.
El modelo de planificación nos permite conocer de las propiedades del modelo y formular previsiones sobre el fenómeno modelado, pero solo se puede verificar el resultado al movilizar empíricamente las propiedades del modelo.



Prestando atención a la población objeto de estudio de la investigación de, Ramos-Bermúdez & Taborda-Chaurra, (2001), estos indican que los factores y subfactores a considerar en la planificación del entrenamiento en niños debe ser:

- **Factor Condicional.** Incluiría como subfactores en la planificación a: resistencia, fuerza, velocidad, flexibilidad y sus combinaciones entrenables en la infancia.
- **Factor psicomotor.** Incluiría como subfactores: educación del esquema corporal (consciencia corporal, concepto corporal, inventario corporal, lateralidad ajuste de la postura, consciencia de la respiración), educación de las nociones espacio temporales (ritmo, apreciación de tiempos y distancias, anticipación) y educación de la coordinación dinámica general, ojo mano y ojo pié.
- **Factor socioafectivo.** Incluiría la educación progresiva del autocontrol, la motivación, la confianza en sí mismo, la concentración, la autoestima, la tolerancia a la frustración, la constancia y la voluntad). Además, ayudas en el manejo de la angustia y el estrés escénico y orientación en aspectos como responsabilidad, respeto por el otro, solidaridad, capacidad para trabajar en equipo.
- **Factor técnico-táctico.** Incluiría como subfactores la técnica global (compartida por varios deportes), desarrollo técnico específico y estímulos iniciales al desarrollo del pensamiento y actuación táctica. (en este último aspecto, preferimos hablar de fundamentos pretácticos e imaginación creadora).
- **Factor cognoscitivo:** consideraría como subfactores: educación de la capacidad perceptiva, de la capacidad de análisis y juicio y de las capacidades de selección y actuación motora.
- **Factor teórico.** Incluiría como subfactores para el entrenamiento de base a la asimilación, de acuerdo a la edad, de los requisitos de participación en juegos, en actividades predeportivas y en minideportes. El otro subfactor hace referencia a los conocimientos básicos en hábitos de higiene y salud.

**Tabla 8.** Relación de factores, orientación y contenidos generales de entrenamiento según edad. Las edades de 8 a 10 y 10 a 12 años comparten los mismos contenidos (Ramos-Bermúdez & Taborda-Chaurra, 2001).

FASE GENERAL										FASE ESPECIAL				
MULTIVARIEDAD										ESPECIFICIDAD				
CONTENIDOS	JUEGO	EXPERIMENTACIÓN MOTRIZ	ACTIVIDAD ESPONTÁNEA	JUEGO EXPRESIÓN CREATIVA	EXPERIMENTACIÓN MOTRIZ	EJERCICIO	MINI-DEPORTE	JUEGO	EJERCICIO	DEPORTE ESPECÍFICO				
	FACTOR CONDICIONAL					FACTOR TEÓRICO								
FACTOR	FACTOR COGNOSCITIVO					FACTOR COGNOSCITIVO								
						FACTOR SOCIOAFECTIVO								
						FACTOR PSICOMOTRIZ								
						FACTOR CONDICIONAL								
						FACTOR TÉCNICO Y PRETÁCTICO								
PESO ESPECÍFICO EN % APROX.											PESO ESPECÍFICO DEFINIDO EN LA ETAPA DE PERFECCIONAMIENTO ATLÉTICO Y DE RENDIMIENTO MÁXIMO DE ACUERDO A LA ESPECIALIDAD ELEGIDA Y A SUS EXIGENCIAS			
EDAD	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		

Por su parte, Verkhosansky (1990), considera que la programación del entrenamiento es una forma más perfeccionada de planificación y estructuración y la define como la sistematización de los contenidos del proceso de entrenamiento según los objetivos de la preparación de un atleta y de los principios específicos que determinan la forma racional de organización de las cargas de entrenamiento en un período de tiempo definido. Este autor entiende por programación del entrenamiento la determinación de la estrategia, la sistematización del contenido y la construcción del proceso de entrenamiento deportivo.

Siff & Verkhosansky (2000), entienden la programación del entrenamiento como una forma más perfeccionada de planificación y estructuración del mismo, ya que está fundamentada en aspectos más objetivos y con mayor conocimiento científico, y consideran que la programación moderna es una ciencia y un arte que requiere creatividad, flexibilidad, individualidad, especificidad, muchos conocimientos, y que implica estructurar planes de contingencia para enfrentarse a situaciones inesperadas como las lesiones, pérdida de motivación, estancamiento prematuro, cambios en las reglas, novedades en la competición y traumas o acontecimientos personales.

En la actualidad, la búsqueda de un mayor rendimiento deportivo se centra especialmente en lograr la máxima efectividad de los estímulos de entrenamiento. Desde el punto de vista fisiológico, se entiende que el proceso de entrenamiento supone la repetición de una serie de ejercicios para provocar la automatización del gesto de competición y desarrollar las funciones estructurales y metabólicas que conducen al incremento del rendimiento deportivo (Virus, 1995). Para Bernal-Reyes *et al.*, (2014), el entrenamiento deportivo desde la perspectiva biológica, puede interpretarse como un proceso de estímulo y reacción. En este sentido, el entrenamiento puede definirse como un proceso de adaptación en el que existe una relación entre los estímulos de entrenamiento y los efectos estructurales y funcionales deseados, aplicando los medios y métodos específicos, con el objetivo de mejorar el rendimiento deportivo (González-Badillo & Ribas-Serna, 2002).

Las actividades deportivas desencadenan procesos de adaptación en el organismo en donde los estímulos son las causas y las adaptaciones son los resultados. Estos estímulos de entrenamiento, son considerados agentes estresantes para el organismo. Esta respuesta fisiológica estereotipada del organismo que se produce ante un estímulo estresante, ayuda al organismo adaptarse y es independiente del tipo de estímulo que lo provoca, ya sea aversivo o placentero, es lo que se conoce como síndrome general de adaptación (SGA) (De Camargo, 2004). El término fue acuñado por Hans Selye, un psicofisiólogo alemán, y por ello se le considera el padre del estrés. Este SGA, primero se percibe e identifica el estímulo por parte de nuestro organismo. Inicialmente responde nuestro Sistema Nervioso y después se expresa el Sistema Endocrino. Las 3 fases del SGA por son las siguientes: (De Camargo, 2004; Magallanes, 2010).

1. **Fase de alarma:** es inmediata a la percepción del estímulo estresante. La caracterizan: Congelamiento o paralización: la persona no hace nada. Se debe a que se da excitación de la sustancia gris periacueductal del tallo cerebral.
2. **Fase de Resistencia:** Nuestro organismo mantiene una activación fisiológica máxima tratando de superar la amenaza o adaptarse a ella, de esta forma el organismo sobrevive. Esta fase puede durar semanas, meses y años; si es muy

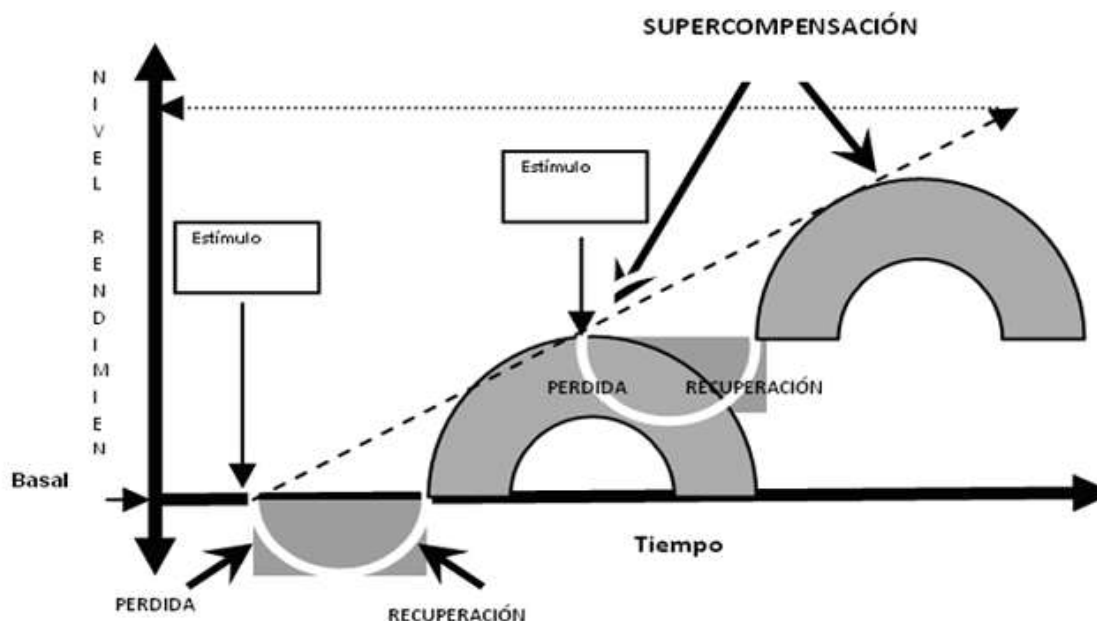
larga se le considera como estrés crónico. Sin embargo, si el estrés acaba en esta fase, el organismo puede retornar a un estado normal.

3. **Fase de Estancamiento o Agotamiento:** se produce sólo si el estímulo estresante es continuo o se repite frecuentemente. Esta fase se presenta cuando la agresión se repite con una frecuencia, intensidad o duración tal que supera las posibilidades de adaptación del organismo para alcanzar un nuevo nivel de homeostasis. El organismo agota sus recursos y pierde su capacidad de activación o adaptación. Sobrevienen entonces las enfermedades relacionadas con el estrés como son: insomnio, falta de concentración, abatimiento, fatiga, extenuación, patologías inmunológicas, patologías cardiovasculares, patologías metabólicas y endocrinas, depresión, problemas gastrointestinales, infartos cardiacos, infartos cerebrales, etc.



**Ilustración 17.** Fases del estrés según el síndrome general de adaptación (SGA). (De Camargo, 2004).

De esta manera, podemos indicar que el proceso de entrenamiento parece ajustarse al SGA, de modo que sólo contribuye a incrementar el rendimiento deportivo si la alternancia entre trabajo y descanso permite una recuperación suficiente (Suay, Ricarte, & Salvador, 2007). Para producir dichas mejoras, el equilibrio interno del cuerpo (homeostasis) debe ser alterado, y para ello, el estímulo de entrenamiento debe ser superior al umbral mínimo de estimulación (Muñoz-López, 2014). Esto se consigue con la interacción de diferentes intensidades y volúmenes de entrenamiento (Mann, Lamberts, & Lambert, 2013). Por ello, la planificación del entrenamiento deberá garantizar un estímulo adecuado antes que el grado de excitabilidad del sistema orgánico intervenido desaparezca por completo para asegurar el proceso de supercompensación (Roldán-Aguilar, 2009).



**Ilustración 18.** Incremento del rendimiento cuando el ejercicio se hace siguiendo el principio de la supercompensación (Roldán-Aguilar, 2009).

Las adaptaciones orgánicas requieren estímulos aplicados continuamente, en otras palabras, cierto tipo de estímulos deberá ser aplicado sobre el individuo antes que los cambios a nivel funcional generados permanezcan estables a lo largo del tiempo. Por ejemplo: El pico de síntesis proteica después de un trabajo de fuerza se da a las 24 horas y permanece elevado desde 2 a 3 horas después del ejercicio hasta las 36 horas, sin embargo, para producir cambios en la sección transversal del músculo se requiere de estímulo continuo por lo menos durante 2 o 3 meses (Chicharro & Fernández, 2006).

Por estos motivos, evaluar y medir cada uno de los componentes que influyen en la marca deportiva es un aspecto fundamental en el proceso de adaptación a los estímulos de entrenamiento, ya que la mayoría de las decisiones que se van a tomar en este proceso van a estar relacionadas con los procesos de medida y de evaluación, puesto que para tomar decisiones adecuadas es necesario que los entrenadores y/o preparadores físicos, sean capaces de reunir información objetiva, para analizarla y deducir unas conclusiones (Morrow, Jackson, Disch, & Mood, 1995). El proceso de evaluación, debe ser una constante en la formación permanente del binomio deportista-entrenador/preparador físico, ya que, con estos datos, seremos capaces de objetivizar las acciones que planteamos en nuestros entrenamientos.

Por ello, un proceso de evaluación correcto, debe integrar los siguientes objetivos: (Méndez-Giménez, 2005).

1. En primer lugar, la evaluación debe ser práctica. En consecuencia, debería ser realizable en los períodos ordinarios de competición sin influir en dinámicas de entrenamiento.
2. La evaluación debe ser integral, es decir, debe abarcar todos los aspectos de la persona y del rendimiento, incluyendo los relacionados con el conocimiento

- táctico o la comprensión, el rendimiento de la habilidad o el comportamiento personal y social.
3. La evaluación debe ser auténtica, es decir, aproximada al rendimiento en situación real de juego. El logro aislado de la habilidad, aunque interesante y significativo para los niños más jóvenes, no lo es tanto para muchos adolescentes.
  4. La evaluación debe ser apropiada al desarrollo de los niños y reflejar la naturaleza, la estructura lógica interna de las formas adultas del juego.
  5. La evaluación debe ser válida y fiable. Tanto por parte de los evaluadores como con las herramientas y/o test utilizados.
  6. Finalmente, la evaluación debe ser continua, sistemática y rutinaria.

Los programas de entrenamiento deportivo deben estructurarse en función de los futbolistas y sus características, de acuerdo al nivel de complejidad de los fundamentos técnicos a aprender y perfeccionar. Por tal motivo, al modificarse los objetivos y los practicantes, deben modificarse los ejercicios, los medios, los métodos, los tipos de práctica y los parámetros de la carga. En conclusión, los programas de entrenamiento pueden y deben modificarse a lo largo del tiempo (Jiménez-Trujillo, 2011), para ello, es indispensable un buen proceso de evaluación y la capacidad de análisis de estos datos obtenidos en dichas evaluaciones, de esta manera, tendremos unos datos objetivos para incluir cambios en nuestras programaciones y valorar la efectividad del programa de entrenamiento propuesto sobre nuestros deportistas.

#### **1.11.1. Evaluación de la condición física específica en fútbol**

Al estudiar el fútbol habrá que tener en consideración que en esta modalidad deportiva el rendimiento está determinado por una estructura multifactorial de elementos que interactúan de una forma compleja (Casal-Sanjurjo *et al.*, 2015). En el mundo del fútbol, se han diseñado numerosos test con el objetivo de valorar los distintos componentes de la condición física específica de este deporte, que además pueden formar parte de una valoración fisiológica global del jugador (Svensson & Drust, 2005). Por ello, el preparador físico o científico del deporte, a través de las distintas evaluaciones de los jugadores, puede analizar algunos de estos factores y establecer un perfil condicional de cada jugador, pudiendo determinar los puntos fuertes y las debilidades de los deportistas, de forma que se puedan confeccionar y llevar a cabo distintas estrategias para la optimización de su rendimiento.

##### **1.11.1.1. Evaluación de la Función Neuromuscular**

El principal objetivo del entrenamiento del fútbol es preparar al jugador para que responda, entre otras demandas, a la demanda física y fisiológica del partido que disputa cada fin de semana durante los diez meses de competición (Azcárate, Los Arcos, & Yanci, 2018).

Para la evaluación de los parámetros de fuerza en jugadores de élite de fútbol, han sido utilizados diversos test. Según Benítez-Jiménez, Fernández-Roldán, Montero-Doblas, & Romacho-Castro, (2013), desde hace muchos años se ha estudiado la respuesta muscular, empleando para ello numerosas técnicas entre las que podrían destacarse la resonancia magnética nuclear (Díaz, Suazo, Castiglioni, & Bevilacqua, 2015), la actividad electromiográfica (Rodríguez-Matoso *et al.*, 2012), equipamientos isocinéticos con

distintas velocidades y ángulos articulares (Santos-Silva, Pedrinelli, Jaramillo, Dorileo, & Greve, 2016; Urzua, Von Oetinger, & Cancino, 2009), plataformas de fuerza (Aladro-Gonzalvo, Esparza-Yáñez, Tricás-Moreno, & Lucha-López, 2017), el uso de encoder para la medición y registro de la potencia, la ratio potencia-carga y variables como la fuerza, la velocidad, la potencia y el trabajo en cada repetición (Martínez-Aranda & Fernández-Gonzalo, 2016), uso de sistemas GPS para valorar las aceleraciones/desaceleraciones y su relación con la exigencia neuromuscular del entrenamiento y/o partido (Izzo & Lo Castro, 2015), el uso de la termografía en el fútbol para obtener información durante los procesos de prevención y readaptación de lesiones así como en la asimilación de la carga de entrenamiento y la valoración inicial del estado del jugador (Arnáiz-Lastras, Fernández-Cuevas, López-Díaz, Gómez-Carmona, & Sillero-Quintana, 2014; Gómez-Carmona, Sillero-Quintana, Noya-Salces, & Pastrano-León, 2008; Menezes, Rhea, Herdy, & Simão, 2018), incluso métodos invasivos como las biopsias, con objeto de analizar la relación entre las propiedades contráctiles e histológicas de los músculos (Harber *et al.*, 2008).

#### 1.11.1.2 Evaluación de la capacidad de salto

Con respecto a la evaluación neuromuscular de tren inferior, la potencia muscular ha sido evaluada por medio de saltos verticales encontrándose altas correlaciones entre la fuerza máxima y la altura del salto (Vandewalle, Peres, Sourabie, Stouvenel, & Monod, 1989), así como el tiempo en sprint sobre distancias de 10 a 30 metros (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004).

A continuación, García-Orea, Heredia-Elvar, Dalla-Vecchia, Pérez-Caballero, & Aguilera-Campillos, (2017), exponen una descripción de las distintas tecnologías e instrumentos electrónicos más conocidos para la monitorización y determinación de la altura del salto vertical:

- **Plataformas dinamométricas de fuerza.** Son básicamente superficies planas cuadrangulares con 4 transductores/sensores de presión (piezoeléctricos o extensiométricos) conectados a un sistema electrónico de amplificación y registro. Los traductores de presión arrojan un voltaje proporcional a la fuerza aplicada sobre la plataforma ( $\text{Volt} \propto \text{Newtons}$ ), y permiten medir la fuerza de reacción del suelo en los 3 ejes (según la 3ª Ley de Newton). Estos instrumentos son comúnmente considerados como la referencia (“gold-standard”) con la que comparar y validar otros instrumentos de medición del salto vertical (validez concurrente). Sin embargo, el coste económico, transporte y montaje de estas plataformas hace que sea el método menos utilizado para medir el salto vertical fuera del laboratorio.
- **Plataformas de contacto.** Son alfombrillas conectadas a un sistema electrónico de cronometraje sensible a la compresión y que se acciona automáticamente en el momento del despegue del sujeto -se abre el circuito- y se cierra el circuito cuando el sujeto vuelve a tocar el dispositivo (aterrizaje). Con estos instrumentos se registra el tiempo de vuelo del salto a partir del cual se deriva la altura equivalente a través de un microprocesador o software. También pueden medir el tiempo de contacto.
- **Plataformas ópticas por infrarrojos.** Son dos varillas que se colocan paralelamente entre sí en el suelo y que están conectadas por infrarrojos (foto-

células). Este sistema detecta cualquier interrupción en la comunicación entre las dos varillas, y calcula ese intervalo de tiempo. También pueden medir el tiempo de contacto.

- **Transductores lineales de velocidad y posición.** Conocidos familiarmente como “encoders”, son instrumentos de medida electromecánicos, ya que la salida del transductor suele ser una señal eléctrica, tal como una tensión (voltaje) o intensidad de corriente eléctrica. La mayoría de estos dispositivos tienen un hilo o cable extensible enganchado a la resistencia externa (barra) que se desplaza, el cual a su vez está conectado a un transductor (sensor) que registra directamente señales proporcionales a la velocidad lineal de desplazamiento del cable o del espacio recorrido en función del tiempo, derivando el resto de parámetros (fuerza, aceleración, potencia).
- **Transductores “ópticos” de posición por infrarrojos.** Son capaces de medir directamente la posición de un punto en cada instante de tiempo (cada 2 ms) mediante una cámara de infrarrojos, obteniendo por derivación el resto de variables, incluida la altura alcanzada del salto.
- **Sistemas de análisis del movimiento 3-D (video-análisis).** Determinados dispositivos de captura de vídeo pueden calcular la elevación del centro de masa digitalizando varios puntos de referencia anatómicos. Las cámaras de alta velocidad con una frecuencia de muestreo de hasta 1000 fps (Hz), disponibles con algunos potentes softwares de laboratorio, permiten estimar con precisión la altura del salto vertical a partir de la estimación del tiempo de vuelo (tiempo transcurrido entre los fotogramas de despegue y aterrizaje). En el pasado, esta metodología requería sistemas de análisis del movimiento costosos y complejos de manejar. Recientemente, este tipo de tecnología se ha simplificado y abaratado hasta desarrollar interesantes aplicaciones móviles que se soportan en smartphones con una frecuencia de muestreo de 240 Hz.

#### 1.11.1.3. Evaluación del VO<sub>2</sub>max

El gold standar utilizado para la identificación del VO<sub>2</sub>max es la estabilización del comportamiento del volumen de O<sub>2</sub> al final de la prueba máxima (Cândidoa *et al.*, 2019). La evaluación directa (pruebas de laboratorio) o la estimación indirecta (pruebas de campo) de este parámetro permite la cuantificación del metabolismo energético. Es decir, es un indicador fisiológico de la intensidad del ejercicio. Así, a medida que se incrementa nuestra demanda energética, debido al aumento de intensidad del ejercicio, el VO<sub>2</sub>max cada vez será mayor.

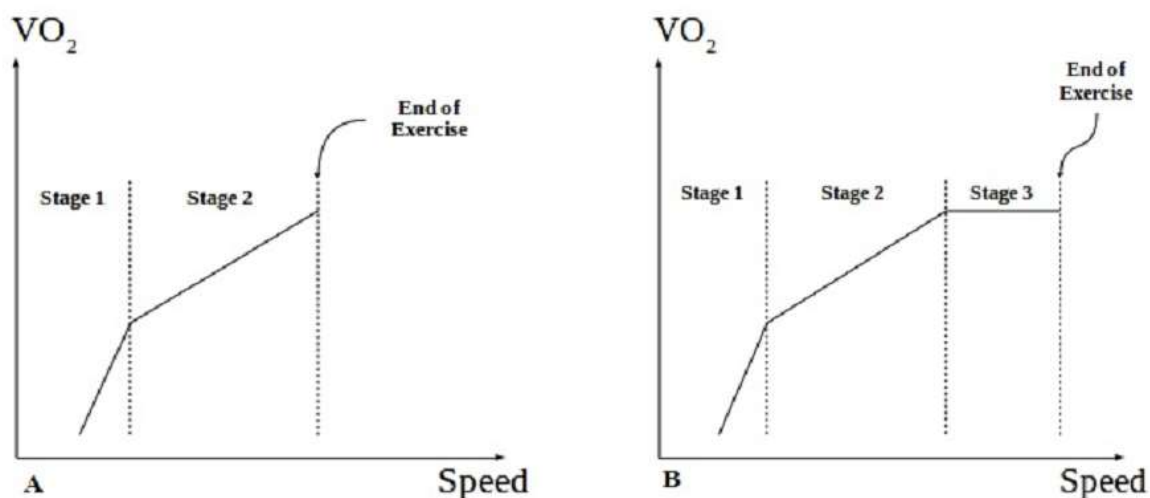
La mayoría de los investigadores consideran el VO<sub>2</sub>max como la mejor medida objetiva de laboratorio para determinar la potencia aeróbica máxima (Wilmore & Costill, 2004), aunque los criterios para determinar si realmente se ha alcanzado son motivo de controversia (Midgley, McNaughton, Polman, & Marchant, 2007). Uno de los conceptos más populares utilizados para obtener el VO<sub>2</sub>max durante una prueba de ejercicio incremental es la aparición de la meseta (Smirmaul *et al.*, 2013). El origen de este concepto tuvo su base en los estudios de Hill & Lupton (1923) hace 90 años. Estos autores propusieron la existencia de una intensidad de ejercicio individual, más allá de la cual no hay aumento en el VO<sub>2</sub>max, que representa el límite de la capacidad cardiorrespiratoria.



Sin embargo, la necesidad de que ocurra la meseta presenta limitaciones, una vez que entra en conflicto con el hecho de que su ocurrencia no es universal (Astorino *et al.*, 2005; Doherty, Nobbs, & Noakes, 2003).

La meseta se considera cuando el  $\text{VO}_2\text{max}$  se estabiliza a pesar del aumento de carga. El alcance de esta estabilización sugiere que se ha alcanzado el gasto cardíaco máximo y la extracción máxima de oxígeno (Gordon *et al.*, 2012; Hill & Lupton 1923). Sin embargo, no todas las personas desarrollan una fase de meseta al final de la prueba, y todavía hay una gran variación de la incidencia de meseta en la literatura (del 17% al 98%) (Stachenfeld, Eskenazi, Gleim, Coplan, & Nicholas, 1992).

Existen parámetros fisiológicos que sugieren si se ha realizado un esfuerzo máximo. Según Casajús *et al.*, (2019) y Cumming & Borysyk, (1972), los más utilizados son: el  $\text{VO}_2\text{max}$ , la frecuencia cardíaca (FC), el cociente respiratorio (CR), la concentración de lactato ([lac]) y en menor proporción la escala subjetiva de percepción subjetiva del esfuerzo (PSE; Escala de Borg). A partir de estos parámetros se pueden establecer unos valores que indiquen si el sujeto, cuando termina la prueba, lo hace por razones fisiológicas (máximo esfuerzo) o no. A estos valores se les conoce como criterios de maximalidad (Casajús *et al.*, 2019). Lo que se mide es la diferencia entre el  $\text{VO}_2$  alcanzado en la última carga de trabajo respecto de la penúltima. Ese valor se puede expresar en mL/min o en mL/kg/min (Casajús *et al.*, 2019).



**Ilustración 19.** Comportamientos esperados de la evolución cinética del  $\text{VO}_2$  en función de la velocidad del corredor. (A) ausencia de meseta. (B) presencia de meseta. (Cândidoa *et al.*, 2019).

Con respecto a la evaluación directa en pruebas de laboratorio, lo más habitual ha sido la determinación del  $\text{VO}_2\text{max}$  a través de tests incrementales (en rampa o escalonados) (Sánchez-Oliva, Santalla, Candela, Leo, & García-Calvo, 2014), específicamente, se ha observado un crecimiento en el uso del protocolo de rampa porque permite una mayor suavidad e individualización en el aumento de la carga, ya que se cambia de forma continua y constante en un intervalo de tiempo determinado, con el sujeto realizando un ejercicio en un ergómetro con un protocolo específico hasta el agotamiento (Cândidoa *et*

*al.*, 2019). Los protocolos en rampa permiten hallar los umbrales ventilatorios ( $VT_1$  y  $VT_2$ ), mientras que los escalonados son más útiles para determinar los umbrales mediante la concentración sanguínea de lactato (OPLA y OBLA) (Sánchez-Oliva *et al.*, 2014).

Aun siendo muy útiles, la valoración de estos parámetros en laboratorio ha planteado varias limitaciones. Por un lado, las pruebas de laboratorio, requieren personal e instrumental especializado, por lo que los costes económicos son elevados. Además, al ser pruebas específicas para cada capacidad (aeróbica y anaeróbica), estas pruebas exigen días de valoración diferentes en el intento de que la fatiga de uno de los test no contamine los resultados del otro (Ramos, Segovia, & López-Silvarrey, 2009). Esto, unido a que son pruebas individuales, hacen que el coste temporal para valorar a toda una plantilla de fútbol sea también importante (Sánchez-Oliva *et al.*, 2014)

Por estas razones, en los últimos años se han diseñado una serie de pruebas de campo (indirectas), cuyo uso ha ido extendiéndose por entrenadores y preparadores físicos en la evaluación del rendimiento fisiológico de los jugadores de fútbol, con el objetivo de que sean específicos en este deporte (reproduciendo las exigencias reales de su competición), y que permitan valorar las capacidades físicas determinantes en un partido de fútbol (Sánchez-Oliva *et al.*, 2014). Con respecto a la medición indirecta del  $VO_{2max}$ , el cálculo de esta variable se realiza mediante ecuaciones basadas en numerosas variables como altura, peso, edad, tiempo o distancia alcanzada, entre otras. En este caso, varias personas pueden ser evaluadas con bajo costo a la vez, y las condiciones de prueba, en algunos casos, son las más cercanas a las situaciones de práctica y especificidad de la modalidad deportiva. Sin embargo, su precisión es cuestionada (Lima, Silva, & Souza, 2005). Se hace necesario revisar las ecuaciones indirectas para estimar  $VO_{2max}$ , ya que hacen uso de valores de referencia máximos que son, de acuerdo con los nuevos hallazgos, submáximos (Beltrami *et al.*, 2012; Klusiewicz *et al.*, 2016; Mauger & Sculthorpe, 2012). Sin embargo, conociendo la magnitud de la subestimación del  $VO_{2max}$  por los protocolos incrementales convencionales, las ecuaciones matemáticas podrían proporcionar correcciones a posteriori, reduciendo/corrigiendo tales imprecisiones (Smirmaul *et al.*, 2013).

Así pues, los tests más utilizados por entrenadores y preparados físicos en fútbol son el Test de ida y vuelta de 20m (20MSRT) (Lemmink, Verheijen, & Visscher, 2004), el Test Multiestación de condición física (MSFT) (Boreham, Palikzka, & Nichols, 1990), el Yo-Yo Test (Yo-Yo Intermittent Endurance Test: YYIET) (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008), test de Course Navette (Alvero-Cruz, Vico-Guzmán, Moya-Medina, Carrillo de Albornoz-Gil, & García-Romero, 2019), el test intermitente de ida y vuelta de Loughborough (Magalhães *et al.*, 2010) y el test 30-15 IFT (Buchheit, 2008), entre otros. La mayoría de ellos, intenta imitar patrones de actividad típicos de un partido de fútbol, para lograr la mayor correlación posible con el rendimiento de resistencia de un partido real (Hoff, 2005). Este tipo de evaluación es económica, no invasiva y fácil de cuantificar, por lo que su utilización está muy extendida en el mundo del deporte (Sánchez-Oliva *et al.*, 2014). Aunque las mayores limitaciones de estos protocolos están relacionadas con la imposibilidad de realizar un número de cambios de actividad similar a los observados durante un partido y en la dificultad de incorporar las acciones con balón (Drust, Atkinson, & Reilly, 2007).

#### **1.11.1.4. Medios y métodos de valoración y evaluación de la composición corporal**

En los futbolistas profesionales, la CC generalmente se mide al comienzo del período de pretemporada y luego se controla a intervalos regulares durante la temporada, generalmente cada 1-2 meses (Lesinski *et al.*, 2017). La evaluación de la CC es un aspecto fundamental de la valoración funcional del cuerpo humano en la salud, en la clínica y en el rendimiento físico (Carnero, Alvero-Cruz, Giráldez, & Sardinha, 2015; Ortega-González *et al.*, 2018). Los métodos y la frecuencia de evaluación de la CC son numerosos y de diversa complejidad en función del nivel de análisis, métodos, número de compartimentos estimados o cuantificados, recursos a disposición del equipo, así como sus preferencias.

En primer lugar, podemos indicar que los principales componentes del organismo humano están organizados en cinco niveles, jerarquizados según su connotación biológica, siendo estos el nivel atómico, el molecular, el celular, el tisular y el global (Costa-Moreira, Alonso-Aubin, Patrocínio-de Oliveira, Candia-Luján, & de Paz, 2015).

Este mismo autor nos indica que en el nivel atómico, la MC está compuesta básicamente por once elementos químicos, así la CC podría dividirse en oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, azufre, sodio, cloruro y magnesio. Ya a nivel molecular, la CC puede ser dividida en seis componentes: los lípidos, las proteínas, los carbohidratos, los minerales óseos, los minerales no óseos y el agua. En cuanto a las metodologías de evaluación de la CC, cada día son más comunes en los laboratorios de fisiología del ejercicio y en los propios centros de investigación (Carnero *et al.*, 2015). Actualmente, los métodos de análisis de la CC son divididos en tres grupos: el directo, los indirectos y los doblemente indirectos. Independientemente del método, es imprescindible una estandarización adecuada antes y al finalizar las evaluaciones para garantizar que los cambios significativos puedan controlarse con el tiempo.

##### **1.11.1.4.1 Método directo**

El método directo tiene que ver con la disección cadavérica y por más que cuente con una excelente fiabilidad, su aplicación y utilidad es muy limitada (Costa-Moreira *et al.*, 2015; Martínez, 2010). El análisis de cadáveres es la única técnica que posibilita la evaluación de la CC en todos sus niveles y, además, sienta las bases para la validación de la CC in vivo; sin embargo, aspectos como la temperatura corporal, la deshidratación y otros factores asociados a la conservación del cuerpo post mortem, deben limitar la extrapolación de todos sus datos al 100 % (Clarys, Martin, & Drinkwater, 1984).

##### **1.11.1.4.2. Métodos indirectos**

Estos métodos son validados a partir del método directo o de la densitometría y posibilitan medir/estimar los tejidos corporales (Costa-Moreira *et al.*, 2015). A pesar de tener alta fiabilidad, los métodos indirectos son poco accesibles, limitados y con alto coste financiero (Sant'Anna, Priore, & Franceschini, 2009). Todos los métodos indirectos registrados en la literatura son:

- **Físico-Químicos**
  - ✓ Plemistografía
  - ✓ Absorción de gases
  - ✓ Dilución Isotópica

- ✓ Espectrometría de Rayos  $\gamma$
- ✓ Espectrometría Fotónica
- ✓ Activación de Neutrones
- ✓ Excreción de Creatinina
- **Imagen**
  - ✓ Absorciometría dual de rayos X
  - ✓ Ultrasonidos
  - ✓ Tomografía Axial Computarizada
  - ✓ Resonancia Magnética Nuclear
- **Densitometría**
  - ✓ Pesada Hidrostática
  - ✓ Volumen de H<sub>2</sub>O desplazado

En este apartado, serán abordados los métodos de la tomografía axial computarizada (TAC), resonancia magnética nuclear (RMN), absorciometría dual de rayos X (DXA) y la plestimografía, debido a que son las más utilizadas en la investigación y en los medios clínicos.

La TAC se basa en el uso de un escáner de emisión de rayos-X que traspasan al sujeto. Esta técnica fue la primera que se utilizó para determinar el área muscular de sección transversal (AST) y la grasa abdominal en 1979 y 1982 respectivamente (Costa-Moreira *et al.*, 2015). Junto con la RMN, la TAC es considerada el método más preciso para medir la cantidad y distribución del músculo y del tejido adiposo en el cuerpo (Ayvaz & Rıza-Çimen, 2011). Así este método fue utilizado en estudios de Rantalainen, Weeks, Nogueira, & Beck, (2015), en niños y adultos jóvenes para medir los efectos de la actividad física, el sexo y la madurez en la sección transversal y distribución de material óseo del hueso de la tibia; de Friedenreich *et al.*, (2014), en mujeres menopáusicas practicantes de ejercicio físico regular, para evaluar el tejido graso; de Mueller, Knechtle, Knechtle, & Toigo, (2014), en un hombre muy mayor (más de 90 años de edad), corredor de maratón, para evaluar el tejido muscular y graso de sus piernas; y Sartori *et al.*, (2019), para describir las lesiones evaluadas por imágenes de los atletas que participaron en los Juegos Olímpicos de la Juventud Buenos Aires 2018.

Una de las mayores ventajas de esta técnica es que permite medir la grasa infiltrada en el músculo esquelético (Costa-Moreira *et al.*, 2015). Además, tiene gran precisión ( $r^2=0,99$ ) y repetitividad (coeficiente de variación entre 1,2% y 4,3%), proporciona mayor información sobre los músculos, tejido adiposo y órganos que otros métodos como DXA o impedancia bioeléctrica (BIA) (Thibault, Genton, & Pichard, 2012). Resulta interesante notar que los avances de esta técnica, han estado marcados por cuatro parámetros comunes: la constante búsqueda de una mayor velocidad de adquisición (resolución temporal), aumentar la resolución espacial, mejorar la calidad de la imagen, y minimizar las dosis de radiación ionizante (Ramírez-Giraldo, Arboleda-Clavijo, & McCollough, 2008). Por ello, las desventajas de este método tienen que ver con la exposición del paciente a una elevada dosis de radiación y el coste de este instrumento (Thibault *et al.*, 2012).

La RMN es una técnica que puede proporcionar imágenes de los componentes corporales y la composición química de los tejidos. Así mismo, puede utilizarse para conocer la CC total o de un área concreta (Costa-Moreira *et al.*, 2015). Esta técnica se basa en la interacción entre los núcleos atómicos del hidrógeno y los campos magnéticos generados y controlados por el dispositivo. La RMN usa un software especial para distinguir músculo esquelético y tejido adiposo, siendo su principal utilidad la distinción del tejido adiposo visceral y subcutáneo (Román, 2003). Algunos ejemplos de estudios que utilizaron la RMN para evaluar la CC son de Honda, Matsumoto, Kato, & Umemura, (2015), en mujeres atletas de élite, en que los autores evaluaron el efecto del tipo de ejercicio (alto o bajo impacto) en la geometría de la tibia; de Osawa *et al.*, (2014) en hombres saludables, fue evaluado el efecto del entrenamiento interválico de alta intensidad en el AST de los músculos del tronco y muslo, bien como en la MLG sin hueso; y de Schvartzman *et al.*, (2016), para la detección de lesiones musculares de localización atípica o profunda en deportistas. Las ventajas de este método son la validez para medir la grasa visceral y la capacidad de establecer inferencias sin someter al sujeto a las radiaciones de la TAC (Kaul *et al.*, 2012); su precisión es muy elevada, con un  $r^2=0,99$  y un coeficiente de variación entre 2,1 y 6,5% (Shuster, Patlas, Pinthus, & Mourtzakis, 2012). Es considerado como gold standard a la hora de medir la masa muscular o AST (Zhao *et al.*, 2013) y a la hora de medir la cantidad y el volumen de tejido adiposos abdominal. Además, este método no emite radiación ionizante (Costa-Moreira *et al.*, 2015). Sus desventajas son el elevado tiempo de examen, el elevado costo, los escasos estudios de validación realizados (Román, 2003), la baja accesibilidad a esta técnica (Shuster *et al.*, 2012), la realización manual de las mediciones y la necesidad de mucho material clínico (Kaul *et al.*, 2012). En una valoración realizada con tres cadáveres se encontró una diferencia del 6% en la estimación de la grasa adiposa visceral por RMN y por disección (Fuller, Fowler, McNeill, & Foster, 1994).

La DXA es un instrumento utilizado para medir diferentes parámetros de CC como la MM, la MG y la densidad mineral ósea (DMO), pudiéndose detectar posibles enfermedades (Costa-Moreira *et al.*, 2015). Según Costa-Moreira *et al.*, (2015), el procedimiento por el cual la DXA estima la CC se establece a través de la atenuación de fotones. Cuando los fotones atraviesan los tejidos de los sujetos son absorbidos o diseminados por el efecto fotoeléctrico y el efecto Compton. El efecto Compton consiste en el aumento de la longitud de onda de un fotón de rayos X cuando choca con un electrón libre y pierde parte de su energía. La frecuencia o la longitud de onda de la radiación dispersada dependen de la dirección de la dispersión. En general el efecto de atenuación de fotones desciende al aumentar la energía del fotón (Pietrobelli, Formica, Wang, & Heymsfield, 1996). Así la DXA permite separar primeramente al cuerpo en dos componentes principales: el tejido óseo y el tejido blando, pudiendo separarse el tejido blando en MG y MM (Wang, Heymsfield, Chen, Zhu, & Pierson, 2010). En los últimos años, se ha empleado la DXA para evaluar con precisión la CC en términos de contenido mineral óseo (CMO), densidad mineral ósea (DMO), MM, masa de tejido blando sin grasa (MTBSG) y MG (Suárez-Arrones *et al.*, 2018b). Hasta la fecha, varios estudios emplearon DXA para evaluar CC en jugadores de fútbol (Fredericson *et al.*, 2007; Núñez *et al.*, 2019; Suárez-Arrones *et al.*, 2019), siendo un método confiable para evaluar la MLG en jugadores de fútbol profesionales de élite (Núñez *et al.*, 2019). Costa-Moreira *et al.*, (2015), indican que las posibles ventajas de este método tienen que ver con ser una

técnica no invasiva, fácilmente aplicable y con una radiación muy pequeña ( $<0,1 \mu\text{Gy}$ ), equiparable a la que se recibe durante un vuelo transoceánico o a un 10% de la sufrida en una radiografía de tórax (Plank, 2005), así como con un tiempo de aplicación muy reducido (Lustgarten & Fielding, 2011) y que mide diferentes regiones corporales, como MG, MM y DMO, por separado (Pietrobelli *et al.*, 1996; Plank, 2005); presenta menor coste con respecto a los métodos considerados gold standard como son la RMN y la TAC (Chen *et al.*, 2007), por lo tanto, está considerada como el nuevo gold standard para la medición de la CC (Costa-Moreira *et al.*, 2015; Núñez *et al.*, 2019). Las desventajas de este método tienen que ver con el tamaño de la zona de exploración, así como la dificultad de medición en personas con una altura mayor de 190 cm y una anchura, incluyendo sus brazos, de más de 58 cm (Nana, Slater, Hopkins, & Burke, 2012). Sus altos costos no permiten el uso frecuente (Suárez-Arrones *et al.*, 2018a). Por último, con respecto a las medidas de MG pueden sufrir variabilidad por el estado de hidratación de una persona (Pietrobelli *et al.*, 1996).

Por último, Guerrero-Zúñiga *et al.*, (2016), explica que la pletismografía es una prueba mecánica de la respiración cuya principal medición directa es la capacidad funcional residual (FRCpleth) que corresponde al volumen de gas intratorácico (ITGV o TGV) medido al final de la espiración a volumen corriente estable. Se realiza adicionalmente una medición de capacidad vital lenta (VC), volumen corriente (VT), capacidad inspiratoria (IC) y volumen de reserva espiratorio (ERV). Esas mediciones permiten calcular la capacidad pulmonar total (TLC) y el volumen residual (RV). En este método, es utilizada la relación inversa entre presión y volumen, basada en la ley de Boyle para determinar el volumen corporal (Costa-Moreira *et al.*, 2015). Una vez que este volumen es determinado, es posible establecer la CC por medio de los principios de la densitometría (Sant'Anna *et al.*, 2009). Las mediciones obtenidas en la pletismografía dependen de la distensibilidad y elasticidad de la caja torácica y del parénquima pulmonar, así como de la integridad de la musculatura respiratoria (Guerrero-Zúñiga *et al.*, 2016). Algunos trabajos de investigación utilizaron este método, como el estudio realizado por Giannì *et al.*, (2015) en niños en edad escolar, para determinar la influencia del nacimiento prematuro sobre la CC de estos niños; por Aguirre *et al.*, (2015) en niños chilenos en edad prepuberal, para evaluar la validez de las estimaciones de la grasa corporal basada en mediciones los pliegues cutáneos; por ten Haaf & Weijs (2014), en atletas adultos, para validar las ecuaciones de predicción de gasto energético en reposo existentes y desarrollar una nueva ecuación específica para atletas recreativos; y Lagunes-Carrasco, López-García, Carranza-García, & Durazo-Terán, (2018), dónde compararon el %MG obtenido con pletismografía junto con DEXA, en jugadores de fútbol americano mexicanos. Según Costa-Moreira *et al.*, (2015), las ventajas de este método son que posee una elevada precisión y fiabilidad de medida cuando es comparado con otros métodos, como por ejemplo el pesaje hidrostático ( $r^2 = 0,84-0,90$ ). Es un método rápido (duración de la evaluación entre 3 y 5 minutos) y fácil de aplicar (Sant'Anna *et al.*, 2009). Las desventajas tienen que ver con el mantenimiento de una temperatura constante para que la ley de Boyle pueda aplicarse y la presuposición de que la persona dentro del aparato respira normal durante las mediciones del volumen corporal (Fields, Goran, & McCrory, 2002) y en niños este método presenta una tendencia a sobreestimar la MG en sujetos con mayor proporción de grasa corporal y subestimar en aquellos con menor proporción de grasa (Sant'Anna *et al.*, 2009).

#### 1.11.1.4.3. Métodos doblemente indirectos

Los métodos doblemente indirectos fueron validados a partir de los métodos indirectos y por eso, presentan un margen de error muy grande, cuando son comparados con los métodos indirectos (Costa-Moreira *et al.*, 2015). Sin embargo, atendiendo a los altos costes de los métodos indirectos y de la sofisticación metodológica, los métodos doblemente indirectos como la antropometría y la BIA ganan importancia debido a su sencillez, seguridad, facilidad de interpretación y bajas restricciones culturales (Sant'Anna *et al.*, 2009). Todos los métodos indirectos registrados en la literatura son:

- **Antropometría**
- **B.I.A (Body Impedance Analysis/Análisis de Impedancia Bioléctrica)**
- **N.I.R. (Near Infrared Reactance)**
- **T.O.B.E.C. (Total Body Electrical Conductivity)**

En este apartado, serán abordados los métodos de Antropometría y BIA, debido a que son los más utilizadas en la investigación deportiva y en los medios clínicos.

La antropometría consiste en la evaluación de las diferentes dimensiones corporales y en la composición global del cuerpo, siendo utilizada para diagnosticar el estado nutricional de poblaciones y la presencia o ausencia de factores de riesgo cardiovascular, como la obesidad o la cantidad de grasa abdominal (Costa-Moreira *et al.*, 2014; 2015; Sant'Anna *et al.*, 2009). Parece que la antropometría está totalmente extendida por clínicas, centros deportivos e incluso escuelas (Carnero *et al.*, 2015). El término antropometría se refiere al estudio de la medición del cuerpo humano en términos de las dimensiones del hueso, músculo, y adiposo (grasa) del tejido (Nariño-Lescay, Alonso-Becerra, & Hernández-González, 2016). A través de un equipo estandarizado a nivel internacional, los antropometristas toman las siguientes mediciones:

- **Medidas básicas**
  - ✓ Peso
  - ✓ Talla
  - ✓ Talla sentado
  - ✓ Envergadura
- **Diámetros óseos(cm)**
  - ✓ Biacromial
  - ✓ Tórax Transverso
  - ✓ Tórax Anteroposterior
  - ✓ Bi-iliocrestídeo
  - ✓ Humeral (biepicondilar)
  - ✓ Femoral (biepicondilar)
- **Longitudes (cm)**
  - ✓ Acromio-radial
  - ✓ Radial-Estiloidea
  - ✓ Medial Estiloidea-Dactilar
  - ✓ Iliosspinal
  - ✓ Trocantérea
  - ✓ Trocantérea Tibial-Lateral
  - ✓ Tibial Lateral

- ✓ Tibial Medial-Maleolar Medial
- ✓ Pie
- Perímetros (cm)
  - ✓ Cabeza
  - ✓ Cuello
  - ✓ Brazo Relajado
  - ✓ Brazo Flexionado en Tensión
  - ✓ Antebrazo
  - ✓ Muñeca
  - ✓ Tórax Mesoesternal
  - ✓ Cintura (mínima)
  - ✓ Caderas (máxima)
  - ✓ Muslo (superior)
  - ✓ Muslo (medial)
  - ✓ Pantorrilla (máxima)
  - ✓ Tobillo (mínimo)
- Pliegues cutáneos (mm)
  - ✓ Tríceps
  - ✓ Subescapular
  - ✓ Bíceps
  - ✓ Cresta ilíaca
  - ✓ Supraespinal
  - ✓ Abdominal
  - ✓ Muslo (medial)
  - ✓ Pantorrilla

De las innumerables técnicas utilizadas en la antropometría, el IMC es el más empleado (Costa-Moreira *et al.*, 2015), aunque claramente no es una medida ideal de la adiposidad real (Suárez-Carmona & Sánchez-Oliver, 2018). El IMC, un compuesto de altura y peso, es el indicador de adiposidad en la población más comúnmente usado, aunque su correlación con la MG es relativamente pobre (Peeters, Tanamas, Gearon, Al-Gindan, & Lean, 2016), siendo su poca sensibilidad a la hora de determinar los distintos depósitos grasos la gran limitación (Suárez-Carmona & Sánchez-Oliver, 2018). Además, el IMC ha sido una medida simple y útil para documentar el crecimiento en la prevalencia del sobrepeso en todo el mundo (Zhou *et al.*, 2016).



**Tabla 9.** Clasificación de la obesidad según el valor de IMC (Kg/m<sup>2</sup>). Suárez-Carmona & Sánchez-Oliver, (2018).

OMS 2000	SEEDO 2007	AHA 2009
Bajo Peso: <18.5	Bajo Peso: <18.5	Bajo Peso: <18.5
Normopeso: 18.5-24.9	Normopeso: 18.5-24.9	Peso normal o aceptable: 18.5-24.9
Sobrepeso: 25-29.9	Sobrepeso grado 1: 25-26.9	Sobrepeso: 25-29.9
	Sobrepeso grado 2: 27-29.9	
Obesidad grado 1: 30-34.9	Obesidad tipo 1: 30-34.9	Obesidad grado 1: 30-34.9
Obesidad grado 2: 35-39.9	Obesidad tipo 2: 35-39.9	Obesidad grado 2: 35-39.9
Obesidad grado 3: ≥ 40	Obesidad mórbida o tipo 3: 40-49.9	Obesidad grado 3: 40-49.9
	Obesidad extrema o tipo 4: ≥ 50	Obesidad grado 4: 50-59.9
		Obesidad grado 5: ≥ 60
OMS: Organización Mundial de la Salud; SEEDO: Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad; AHA: Asociación Americana del Corazón		

El IMC no distingue entre la MLG, donde incluimos la MM o el hueso, y la MG y tampoco la distribución de la misma, sabiendo que la grasa abdominal, especialmente la intra-abdominal, y la grasa de la región glúteo femoral pueden incluso tener un impacto mayor en la salud (Snijder, Van Dam, Visser & Seidell, 2006). Dentro de la investigación deportiva ha sido ampliamente utilizado (Bastos, Reis, Aranha, & Garrido, 2015; Canda, 2017; De Pontes & de Sousa, 2009). En resumidas cuentas, el IMC es un marcador fácil de usar dado a que es rápido, sencillo y barato, ampliamente utilizado y testado y que sólo supone el primer paso hacia una evaluación del riesgo más completa, como su correlación con otros valores antropométricos (Suárez-Carmona & Sánchez-Oliver, 2018).

Otra técnica antropométrica ampliamente empleada es la medición de diferentes pliegues cutáneos. Esta técnica se basa en el hecho de que la mayoría de la MG está en el tejido subcutáneo (Costa-Moreira *et al.*, 2015). Aunque, como la distribución de grasa subcutánea no es uniforme, es decir, hay regiones con más y otras con menos cantidad de grasa en diferentes partes del cuerpo, las medidas de pliegues cutáneos deben ser realizadas en diferentes partes del cuerpo (Sant'Anna *et al.*, 2009). Es uno de los métodos más empleados en investigaciones de campo, como por ejemplo el deporte (Alvear-Ordenes, García-López, De Paz, & González-Gallego, 2005; Fernández-Gonzalo *et al.*, 2010; Pons *et al.*, 2015). Para este tipo de valoración, se requieren aparatos (plicómetros), los cuáles muchos no están bien calibrados y no siempre están disponibles en una consulta y/o entrenamiento (Martín-Moreno, Gómez-Gandoy, & Antoranz-González, 2001). El nivel de precisión de la medida de la CC por el método de los pliegues cutáneos depende del tipo y calibración del plicómetro utilizado, del nivel de entrenamiento, precisión y técnica del evaluador y de la precisión en la identificación de los puntos anatómicos que deben ser medidos (Costa-Moreira *et al.*, 2015; Sant'Anna *et al.*, 2009). Aunque el liderazgo del International Working Group of Kinanthropometry, aceptado por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) y por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC), vela por el consenso nacional e internacional, y

establece el protocolo de medición para extremar el rigor de estas técnicas (Pons *et al.*, 2015).

Las ventajas del método de antropometría son el bajo coste de su aplicación, cuando es comparado con otros métodos, la facilidad de su aplicación, su sencillez, la facilidad de transporte lo que permite su utilización en investigaciones de campo, no invasivo (Ripka, Rotta, Ulbricht, & Neves, 2014), además de estar validado para una amplia franja poblacional que engloba desde niños, hasta mayores, pasando por atletas y personas enfermas (Costa-Moreira *et al.*, 2015).

Por otro lado, este método presenta desventaja como un gran margen de error, entre 3 y 11% (Ayvaz *et al.*, 2010); la necesidad de ser realizado por personas altamente entrenadas para que la medida sea fiable; la posibilidad de producir resultados dispares cuando las mediciones son realizadas por personas diferentes o con instrumentos diferentes; la necesidad de determinación exacta de los puntos anatómicos para que se produzca comparaciones entre resultados; la variabilidad individual en la técnica de sujetar la piel, que puede producir resultados distintos; la dificultad de aplicación en personas obesas o con grandes cantidades de grasa; y su no recomendación en situaciones de deshidratación o retención de líquidos (Ayvaz *et al.*, 2010; Costa-Moreira *et al.*, 2015; Sant'Anna *et al.*, 2009).

La BIA (Body Impedance Analysis/Análisis de Impedancia Biolétrica) se utiliza para el cálculo del agua total del cuerpo, MG y MLG (Costa-Moreira *et al.*, 2015). Este método se basa en el principio de que la conductividad del agua del cuerpo varía en los diferentes compartimentos, así este método mide la impedancia a una pequeña corriente eléctrica aplicada a medida que pasa a través del cuerpo (Lee & Gallagher, 2008). La impedancia está representada por dos componentes, la resistencia (R) y la reactancia (Xc). La resistencia se define como la oposición de los tejidos al flujo de la corriente y determina el 98% de la impedancia, mientras que la reactancia solo representa el 2% y es el resultado del cambio de la corriente eléctrica producto de la polarización de las membranas celulares que actúan como un capacitor (Atilano-Carsi, Bajo, Peso, Sánchez, & Selgas, 2015). Un circuito eléctrico de corriente alterna está definido por cuatro parámetros: intensidad, voltaje, impedancia y frecuencia de alternancia. La impedancia expresa la oposición del circuito al paso de la corriente y su unidad de medida es el ohmio. La unidad de medida de la intensidad es el amperio, la del voltaje es el voltio y la de la frecuencia es el hercio (ciclos por segundo). La ley fundamental de electricidad que relaciona la impedancia con la intensidad y el voltaje es la ley de Ohm: impedancia = voltaje/intensidad (Sánchez-Iglesias, Fernández-Lucas, & Teruel, 2012).

La BIA varía de acuerdo con el tejido que se está evaluando (Sánchez-Iglesias *et al.*, 2012), sabiendo que la MLG presenta una buena conductibilidad eléctrica por poseer elevada concentración de agua y electrolitos, mientras la MG no es un buen conductor eléctrico, lo que permite decir que la impedancia es directamente proporcional a la cantidad de MG (Costa-Moreira *et al.*, 2015; Sant'Anna *et al.*, 2009). El sistema de BIA más común es el de cuerpo entero con cuatro electrodos: dos colocados en la extremidad inferior (dorso del pie y tobillo) y los otros dos en la extremidad superior (dorso de la mano y muñeca) (Sánchez-Iglesias *et al.*, 2012). La fiabilidad y precisión de este método

puede sufrir influencia de varios factores como el tipo de instrumento, puntos de colocación de los electrodos, nivel de hidratación, alimentación, ciclo menstrual, temperatura del ambiente y la ecuación de predicción utilizada y en general es cercana a  $r^2=0,84$  en comparación con la DXA (Lee & Gallagher, 2008; Mattsson & Thomas, 2006). Aunque resulta interesante saber, que los métodos de BIA y todas las ecuaciones utilizadas en el estudio de Núñez et al., (2019) para estimar la FFM, mostraron altos valores de correlación con los datos de DXA.

Ejemplos de investigaciones que utilizaron este método de evaluación de la CC son los estudios realizados por Madsen *et al.*, (2015), en hombres jóvenes saludables de la India, para verificar los efectos de un programa de ciclismo sobre la CC de estos sujetos; por Esco et al. (2015), en atletas universitaria, para evaluar la fiabilidad de este método para medir la CC en los distintos segmentos corporales; por Gutiérrez, Aldea, Cavia, & Alonso-Torre, (2015), en el que evaluaron en un grupo de adolescentes la influencia de la práctica regular de ejercicio físico sobre su CC; y por Falces-Prieto *et al.*, (2020), para evaluar la CC en jugadores jóvenes de fútbol tras un protocolo de fuerza con autocargas.

Las principales ventajas es que se trata de un método de estimación de la CC ampliamente utilizado en la práctica clínica y deportiva por su coste, practicidad (Atilano-Carsi *et al.*, 2015; García-Soidán *et al.*, 2014; Serrano *et al.*, 2007) y ofrece un método para evaluar de manera no invasiva la distribución de fluidos y la CC de los jugadores de fútbol (Falces-Prieto *et al.*, 2020; Fassini *et al.*, 2017). Por otro lado, numerosas empresas biomédicas han aumentado la venta de las bioimpedancias, que se han instalado definitivamente en numerosos contextos laborales, deportivos y en los hogares, ayudando a introducir en la cultura física de los ciudadanos la CC (Carnero *et al.*, 2015). Entretanto, presenta desventajas como limitaciones de aplicación en pacientes que presentan retención de líquidos, edemas periféricos, problemas hidrostáticos o que haga uso de medicación diurética y en deportistas no es un método adecuado ya que tiene un error del 3%, lo cual, es demasiado grande como para dar las instrucciones adecuadas del deportista de su estado de salud (Costa-Moreira *et al.*, 2015).

Sin embargo, en el fútbol, es más común utilizar métodos de menor costo, como la BIA y las mediciones antropométricas para estimar la CC (Munguía-Izquierdo et al., 2019; Ortega-González *et al.*, 2018). Ripka *et al.*, (2014), concluyeron que la BIA se muestra mejor utilizada como método de examen de la CC en estudios poblacionales y que la comparación con el método de pliegues cutáneos, destacó que la BIA tiende a sobrestimar el porcentaje de MG en individuos más delgados, pero sin correlaciones estadísticamente significativas.

A modo de conclusión, Costa-Moreira *et al.*, (2015), nos indica que, de manera general, se recomendarían los métodos indirectos (TAC, RMN, DXA y plestimografía) para estudios con muestras más pequeñas y que puedan ser evaluadas en laboratorio, por presentaren mayor fiabilidad y menor variabilidad que los métodos doblemente indirectos. A su vez, estos últimos, serían más indicados en estudios poblacionales, como los estudios epidemiológicos, y en estudios donde la muestra se queda imposibilitada de desplazarse hasta un laboratorio de evaluación de la CC. De esta manera, la menor fiabilidad y mayor variabilidad de los métodos doblemente indirectos serían compensadas

por un mayor número de personas evaluadas, que podría promover la dilución de los posibles errores, y por los bajos costes de aplicación de los mismos.

**Tabla 10.** Comparación de los métodos de evaluación de la CC. (Costa-Moreira *et al.*, 2015).

Método	Ventajas	Desventajas
TAC	Gran precisión y repetitividad	Exposición a altas radiaciones y material caro
RMN	Gran precisión y repetitividad para el tejido adiposo y muscular en todo el cuerpo y zonas específicas	Caro, realización manual de las mediciones, variación dependiente de la configuración del escáner
DXA	Fácil de usar, baja radiación, muy preciso para extremidades y grasa	Caro y se requiere de un radiólogo especializado para ser manejado
Plestimografía	Precisión y rapidez	Material caro y poco preciso en algunas enfermedades
Impedancia bioeléctrica	Barato, portátil, simple, seguro y rápido	Para población específica, mala precisión en individuos y grupos
Antropometría	Barato, no invasivo	Baja reproducibilidad, sensibilidad y especificidad

**Tabla 11.** Ventajas y desventajas de los métodos de evaluación de la CC (Costa-Moreira *et al.*, 2015).

Método	Accesibilidad	Especificidad	Precisión	Reproducibilidad	Radiación
TAC	Muy baja	Muy alta	Muy alta	CV 1,2-4,3%	Si (6-10mSv)
RMN	Muy baja	Muy alta	Muy alta	CV 2,1-6,5%	No
DXA	Baja	Baja	Alta	CV <1-4%	Si (0,003-0,06mSv)
Plestimografía	Baja	Media	Alta	CV adultos 1,7-4,5% Niños 25% Niñas 44%	No
Impedancia Bioeléctrica	Alta	Baja	Media	CV 4-9.8%	No
Antropometría	Muy alta	Baja	Baja	Muy variable	No

## 1.12. Bibliografía

1. AAP [American Academy of Pediatrics]. (1983). Weight training and weight lifting: information for the pediatrician. *Physician and Sports Medicine*, 11(3), 157–61.
2. AAPCSM [American Academy of Pediatrics Committee on Sports Medicine]. (1990). Strength training, weight and power lifting and body building by children and adolescents. *Pediatrics*, 86(5), 801–3.
3. Abe, T., Kearns, C. F., & Sato, Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *Journal of Applied Physiology*, 100(5), 1460-1466.
4. Abe, T., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S., & Bemben, M. G. (2012). Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow–restricted

- limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32(4), 247-252.
5. Aguilar, J., Calahorra, F., & Moral, J. (2009). La condición física y el entrenamiento: objetivos y principios. *TRANCES Revista de Transmisión del Conocimiento Educativo y de la Salud*, 1(5), 222-233.
  6. Aguirre, C. A., Salazar, G. D. C., De Romaña, D. L., Kain, J. A., Corvalán, C. L., & Uauy, R. E. (2015). Evaluation of simple body composition methods: assessment of validity in prepubertal Chilean children. *European Journal of Clinical Nutrition*, 69(2), 269-273.
  7. Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2005). Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 572-582.
  8. Aladro-Gonzalvo, A.R., Esparza-Yáñez, D., Tricás-Moreno, J.M., & Lucha-López, M.O. (2017). Validation of a force platform clinical for the assessment of vertical jump height. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(2), 367-379.
  9. Almada, R., Molina-Martín, J. J., Tregón, P. S., & García, J. L. (2016). Comparación Entre los Efectos de un Programa de Entrenamiento de Fuerza Explosiva Mediante Bandas Elásticas y un Programa de Entrenamiento con Electro-Estimulación de Cuerpo Completo. *Revista Kronos*, 15(2), 1-12.
  10. Alonso-Molero, I. (2020). Fuerza relativa vs fuerza absoluta. *Ossfitness Sport Systems*. Recuperado de: <https://ossfitness.com/fuerza-relativa-vs-fuerza-absoluta/>
  11. Álvarez-Ponce, D., & Guzmán-Muñoz, E. (2018). Efectos de un programa de ejercicios excéntricos sobre la musculatura isquiotibial en futbolistas jóvenes. *Archivos de Medicina del Deporte*, 36(1), 19-24.
  12. Alvear-Ordenes, I., García-López, D., De Paz, J. A., & González-Gallego, J. (2005). Sweat lactate, ammonia, and urea in rugby players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(08), 632-637.
  13. Alvero-Cruz, J.R., Vico-Guzmán, J.F., Moya-Medina, M.A., Carrillo de Albornoz-Gil, M., & García-Romero, J. (2019). VO<sub>2</sub>max de laboratorio versus Course Navette. Un estudio de concordancia en sujetos físicamente activos. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 12(3), 221-25.
  14. Amani, A. R., Sadeghi, H., & Afsharnezhad, T. (2018). Interval training with blood flow restriction on aerobic performance among young soccer players at transition phase. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 7(2), 5-10.
  15. Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 567-574.
  16. Andersson, H. M., Raastad, T., Nilsson, J., Paulsen, G., Garthe, I., & Kadi, F. (2008). Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(2), 372-380.
  17. Arnáiz-Lastras, J., Fernández-Cuevas, I., López-Díaz, C., Gómez-Carmona, P., & Sillero-Quintana, M. (2014). Aplicación práctica de la termografía infrarroja en el fútbol profesional. *Revista de Preparación Física en Fútbol*, 3(13), 6-15.

18. Asadi, A., Ramírez-Campillo, R., Arazi, H., & Sáez de Villarreal, E. (2018). The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 36(21), 2405-2411.
19. Ascensão, A., Leite, M., Rebelo, A. N., Magalhães, S., & Magalhães, J. (2011). Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match. *Journal of Sports Sciences*, 29(3), 217-225.
20. Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(4), 244-250.
21. Astorino, T. A., Willey, J., Kinnahan, J., Larsson, S. M., Welch, H., & Dalleck, L. C. (2005). Elucidating determinants of the plateau in oxygen consumption at VO<sub>2</sub>max. *British Journal of Sports Medicine*, 39(9), 655-660.
22. Atilano-Carsi, X., Bajo, M. A., Peso, G. D., Sánchez, R., & Selgas, R. (2015). Vectores de impedancia bioeléctrica de referencia para la población española. *Nutrición Hospitalaria*, 31(3), 1336-1344.
23. Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 295-310.
24. Aullana-Ibáñez, J. (2015). Aclaración de Términos y Conceptos Utilizados en el Entrenamiento de la Fuerza Explosiva. *Revista Kronos*, 14(2), 1-29.
25. Ayvaz, G., & Rıza-Çimen, A. (2011). Methods for body composition analysis in adults. *Open Obesity Journal*, 3(1), 62-69.
26. Azcárate, U.; Los Arcos, A.; Yanci, J. (2018). Efectos del entrenamiento compuesto íntegramente por tareas de fútbol en el rendimiento neuromuscular y cardiovascular de futbolistas amateurs. *Journal of Sport and Health Research*. 10(2), 257-268.
27. Balius-Matas, R., & Pedret-Carballido, C. (2013). Lesiones musculares en el deporte. *Editorial Panamericana DL*. Madrid, España.
28. Balsalobre-Fernández, C., & Jiménez-Reyes, P. (2014). Entrenamiento de fuerza. *Nuevas perspectivas metodológicas*. Recuperado de: <https://infofit.es/wp-content/pdf/entrenamiento-fuerza-nuevas-perspectivas-metodologicas.pdf>
29. Bangsbo, J. (1994a). Energy demands in competitive soccer. *Journal of Sports Sciences*, 12(1), 5-12.
30. Bangsbo, J. (1994b). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 151(619), 1-155.
31. Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test. *Sports Medicine*, 38(1), 37-51.
32. Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(07), 665-674.
33. Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsoe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 16(2), 110-116.
34. Barjaste, A., & Mirzaei, B. (2018). The periodization of resistance training in soccer players: changes in maximal strength, lower extremity power, body composition and muscle volume. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(9), 1218-1225.



35. Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 70.
36. Bastos, F., Reis, V. M., Aranha, A. C., & Garrido, N. D. (2015). Relation between sport and physical activity, BMI levels, perceptions of success and academic performance/Relacao entre atividade fisica e desportiva, niveis de IMC, percecoes de sucesso e rendimento escolar. *Motricidade*, 11(3), 41-59.
37. Beato, M., Bianchi, M., Coratella, G., Merlini, M., & Drust, B. (2018). Effects of plyometric and directional training on speed and jump performance in elite youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(2), 289-296.
38. Bedoya, A. A., Miltenberger, M. R., & López, R. M. (2015). Plyometric training effects on athletic performance in youth soccer athletes: a systematic review. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2351-2360.
39. Behm, D. G., Young, J. D., Whitten, J. H. D., Reid, J. C., Quigley, P. J., Low, J., & Granacher, U. (2017). Effectiveness of Traditional Strength vs. Power Training on Muscle Strength, Power and Speed with Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 8:423.
40. Behringer, M., vom Heede, A., Yue, Z., & Mester, J. (2010). Effects of resistance training in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatrics*, 126(5), 1199-1210.
41. Beltrami, F. G., Froyd, C., Mauger, A. R., Metcalfe, A. J., Marino, F., & Noakes, T. D. (2012). Conventional testing methods produce submaximal values of maximum oxygen consumption. *British Journal of Sports Medicine*, 46(1), 23-29.
42. Benítez-Jiménez, A., Falces-Prieto, M., & García-Ramos, A. (2020). Jump Performance after Different Friendly Matches Played on Consecutive Days. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 20(77), 185-196.
43. Benítez-Jiménez, A., Fernández-Roldán, K., Montero-Doblas, J. M., & Romacho-Castro, J. A. (2013). Fiabilidad de la tensiomiografía (TMG) como herramienta de valoración muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, (52), 1-10.
44. Berg, M (2008). Bioquímica. *Editorial Reverte*. Barcelona, España.
45. Bernal-Reyes, F., Peralta-Mendivil, A., Gavotto-Nogales, H. H., & Placencia-Camacho, L. (2014). Principios de entrenamiento deportivo para la mejora de las capacidades físicas. *Biotechnia*, 16(3), 42-49.
46. Biçer, M., Özdal, M., Akcan, F., Mendes, B., & Patlar, S. (2015). Effects of Strength Training Program With Elastic Band on Strength Parameters. *Biology of Exercise*, 11(2), 111-122.
47. Billat, V. (2002). Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica. *Editorial Paidotribo*. Barcelona, España.
48. Billot, M., Martin, A., Paizis, C., Cometti, C., & Babault, N. (2010). Effects of an electrostimulation training program on strength, jumping, and kicking capacities in soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1407-1413.
49. Bogdanis, G. C., Papaspyrou, A., Souglis, A. G., Theos, A., Sotiropoulos, A., & Maridakis, M. (2011). Effects of two different half-squat training programs on

- fatigue during repeated cycling sprints in soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1849-1856.
50. Bompa, T.O. (2007). Periodización. Teoría y Metodología del Entrenamiento. *Editorial Hispano Europea*. Barcelona (España).
  51. Boreham, C. A., Paliczka, V. J., & Nichols, A. K. (1990). A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30(1), 19-23.
  52. Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., & Viru, A. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, 81(6), 449-454.
  53. Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282.
  54. Brandenburg, J., & Docherty, D. (2006). The effect of training volume on the acute response and adaptations to resistance training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(2), 108-121.
  55. Brink, M. S., Nederhof, E., Visscher, C., Schmikli, S. L., & Lemmink, K. A. (2010). Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 597-603.
  56. Brito, J., Vasconcellos, F., Oliveira, J., Krustup, P., & Rebelo, A. (2014). Short-term performance effects of three different low-volume strength-training programmes in college male soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 121-128.
  57. Brocherie, F., Girard, O., Forchino, F., Al Haddad, H., Dos Santos, G. A., & Millet, G. P. (2014). Relationships between anthropometric measures and athletic performance, with special reference to repeated-sprint ability, in the Qatar national soccer team. *Journal of Sports Sciences*, 32(13), 1243-1254.
  58. Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 365-374.
  59. Buchheit, M., Méndez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2715-2722.
  60. Bunc, V., Hráský, P., & Skalská, M. (2015). Changes in Body Composition, During the Season, in Highly Trained Soccer Players. *Open Sports Sciences Journal*, 8(1), 18-24.
  61. Buranarugsa, R., Oliveira, J., & Maia, J. (2012). Strength training in youth (resistance, plyometrics, complex training). *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 12(1), 87-115.
  62. Calahorra, F., Zagalaz, M. L., Lara, A. J., & Torres-Luque, G. (2012). Análisis de la condición física en jóvenes jugadores de fútbol en función de la categoría de formación y del puesto específico. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 109(3), 54-62.
  63. Campos, R. A. G., Bolaños, M. A. C., Hespanhol, J. E., Germano, Y., Maria, T. S., Gamero, D., & Arruda, M. (2014). Composición corporal de futbolistas profesionales en función de la edad cronológica. *Conexões*, 12(2), 70-81.



64. Canda, A. (2017). Deportistas de alta competición con índice de masa corporal igual o mayor a 30 kg/m<sup>2</sup>. ¿Obesidad o gran desarrollo muscular? *Apunts. Medicina de l'Esport*, 52(193), 29-36.
65. Cândidoa, V., Queiroz-Sarnaglia, A.J., Perez, A.J., & Carletti, L. (2019). Identification of the plateau in maximal oxygen consumption: proposal and application of a new method of analysis. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 12(4), 358-362.
66. Capranica, L., Tessitore, A., Guidetti, L., & Figura, F. (2001). Heart rate and match analysis in pre-pubescent soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 19(6), 379-384.
67. Cardinale, M., & Pope, M. H. (2003). The effects of whole body vibration on humans: dangerous or advantageous? *Acta Physiologica Hungarica*, 90(3), 195-206.
68. Cardozo, L., & Yanez, C. (2017). Efecto del entrenamiento pliométrico vs. theraband en la altura de salto vertical en jóvenes futbolistas. *Journal of Sport and Health Research*, 9(2), 247-262.
69. Carling, C., & Orhant, E. (2010). Variation in body composition in professional soccer players: interseasonal and intraseasonal changes and the effects of exposure time and player position. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1332-1339.
70. Carnero, E. A., Alvero-Cruz, J. R., Giráldez, M. A., & Sardinha, L. B. (2015). La evaluación de la composición corporal" in vivo": parte I: perspectiva histórica. *Nutrición Hospitalaria*, 31(5), 1957-1967.
71. Carrasco-Martínez, A. J., Marín-Pagán, C., & Alcaraz-Ramón, P. E. (2019). Efectos de la frecuencia de entrenamiento en circuito de alta intensidad sobre la fuerza isocinética y la composición corporal en sujetos no entrenados. *Cultura, ciencia y deporte: revista de ciencias de la actividad física y del deporte de la Universidad Católica de San Antonio*, (14), 125-138.
72. Casajús, J. A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(4), 463-469.
73. Casajús, J. A., & Arjol, J. L. (2005). Exigencias físicas del fútbol. *Selección: Revista Española e Iberoamericana de Medicina de la Educación Física y el Deporte*, 14(2), 92-100.
74. Casajús, J.A., Piedrafita, E., & Aragonés, M.T. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9 (35), 217-231.
75. Casal-Sanjurjo, C. A., Losada-López, J. L., & Ardá-Suárez, T. (2015). Análisis de los factores de rendimiento de las transiciones ofensivas en el fútbol de alto nivel. *Revista de Psicología del Deporte*, 24(1), 103-110.
76. Casamichana, D., Castellano, J., & Dellal, A. (2013). Perfil cinemático en partidos amistosos de futbolistas semiprofesionales. *Journal of Sport and Health Research*, 5(3), 283-294.
77. Casamichana, D., Suárez-Arrones, L., Castellano, J., & San Román-Quintana, J. (2014). Effect of number of touches and exercise duration on the kinematic profile and heart rate response during small-sided games in soccer. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 113-123.

78. Casamichana, D., Quintana, J. S., Calleja, J., & González, J. C. (2015). Los juegos reducidos en el entrenamiento del fútbol. *Editorial Futbol de libro*.
79. Castagna, C., & Castellini, E. (2013). Vertical jump performance in Italian male and female national team soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 1156-1161.
80. Castagna, C., D'Ottavio, S., & Abt, G. (2003). Activity profile of young soccer players during actual match play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 775.
81. Castiblanco, K.D., & Suárez, S.S. (2013). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento sobre las manifestaciones de la fuerza (fuerza reactiva), en mujeres universitarias. *Actividad Física y Desarrollo Humano*, 4(1), 52-58
82. Cervera, V. O. (1996). Entrenamiento de fuerza para la salud. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 4(46), 94-99.
83. Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R., Moussa-Chamari, I., & Wisløff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(1), 24-28.
84. Chatzinikolaou, A., Michaloglou, K., Avloniti, A., Leontsini, D., Deli, C. K., Vlachopoulos, D., & Jamurtas, A. Z. (2018). The trainability of adolescent soccer players to brief periodized complex training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 645-655.
85. Chelly, M. S., Ghenem, M. A., Abid, K., Hermassi, S., Tabka, Z., & Shephard, R. J. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump-and sprint performance of soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2670-2676.
86. Chen, Z., Wang, Z., Lohman, T., Heymsfield, S. B., Outwater, E., Nicholas, J. S., & Wu, G. (2007). Dual-energy X-ray absorptiometry is a valid tool for assessing skeletal muscle mass in older women. *Journal of Nutrition*, 137(12), 2775-2780.
87. Chena-Sinovas, M., Pérez-López, A., Álvarez-Valverde, I., Bores-Cerezal, A., Ramos-Campo, D. J., Rubio-Arias, J. A., & Valadés-Cerrato, D. (2015). Influencia de la composición corporal sobre el rendimiento en salto vertical dependiendo de la categoría de la formación y la demarcación en futbolistas. *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 299-307.
88. Chicharro, L. J., & Fernández, V. A. (2006). Fisiología del Ejercicio. 3ª Edición. *Editorial Panamericana*, Madrid, España.
89. Clarys, J. P., Martin, A. T., & Drinkwater, D. T. (1984). Gross tissue weights in the human body by cadaver dissection. *Human Biology*, 56(3), 459-473.
90. Clemente, F. M., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). Variations of Internal and External Load Variables between Intermittent Small-Sided Soccer Game Training Regimens. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16), 2923.
91. Cloak, R., Lane, A., & Wyon, M. (2016). Professional soccer player neuromuscular responses and perceptions to acute whole-body vibration differ from amateur counterparts. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15(1), 57-64.
92. Cloak, R., Nevill, A., & Wyon, M. (2016b). The acute effects of vibration training on balance and stability amongst soccer players. *European Journal of Sport Science*, 16(1), 20-26.

93. Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports Medicine*, 37(9), 737-763.
94. Colado, J. C., García-Massó, X., Pellicer, M., Alakhdar, Y., Benavent, J., & Cabeza-Ruiz, R. (2010). A comparison of elastic tubing and isotonic resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 31(11), 810-817.
95. Cometti, G. (1998). Los métodos modernos de musculación. *Publicaciones Paidotribo*. Barcelona, España.
96. Cometti, G. (1999). Fútbol y musculación. Barcelona. *Publicaciones Inde*.
97. Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 173-177.
98. Conde-Cortabitarte, I. (2016). Beneficios del entrenamiento de la fuerza en Educación Primaria. *Magister*, 28(2), 94-101.
99. Cordo, P., Gurfinkel, V.S., Bevan, L., & Kerr, G.K. (1995). Proprioceptive consequences of tendon vibration during movement. *Journal of Neurophysiology*, 74(4), 1675-1688.
100. Corluka, M.; Bjelica, D.; Vasiljevic, I.; Bubanja, M.; Georgiev, G. & Zeljko, I. (2018). Differences in the morphological characteristics and body composition of football players of HSC Zrinjski Mostar and FC Siroki Brijeg in Bosnia and Herzegovina. *Sport Mont*, 16(2), 77-81.
101. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 2-training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125-146.
102. Costa, I. A. (2013). Los modelos de planificación del entrenamiento deportivo del siglo XX. *Revista Electrónica de Ciencias Aplicadas al Deporte*, 6(22), 1-8.
103. Costa-Moreira, O., Alonso-Aubin, D. A., Patrocinio-de Oliveira, C. E., Candia-Luján, R., & de Paz, J. A. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 32(6), 387-394.
104. Costa-Moreira, O., Rodrigues de Oliveira, R. A., Patrocínio-Oliveira, C. E., Aparecida-Doimo, L., dos Santos-Amorim, P. R., Camaroti-Laterza, M., & Bouzas-Marins, J. C. (2014). Risk factors for cardiovascular disease in professors from a public university. *Investigación y Educación en Enfermería*, 32(2), 208-290.
105. Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475.
106. Cuadrado, G., De Benito, A. M., Sedano, S., Izquierdo, J. M., Redondo, J. C., & Granado, J. C. (2009). Efectos de un programa de entrenamiento de la fuerza-resistencia sobre los niveles de resistencia. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 22, 47-64.
107. Cumming, G., & Borysyk, L. (1972). Criteria for maximum oxygen uptake in men over 40 in a population survey. *Medicine and Science in Sports*, 4(1), 18-22.
108. Currier, D. P., & Mann, R. (1983). Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Physical Therapy*, 63(6), 915-921.

109. Dahab, K. S., & McCambridge, T. M. (2009). Strength training in children and adolescents: raising the bar for young athletes? *Sports Health*, 1(3), 223-226.
110. Dellal, A., Chamari, K., & Owen, A. (2013). How and when to use an injury prevention intervention in soccer. En G.N. Bisciotti & E. Cristiano (Eds.), *Muscle injuries in sport medicine* (pp. 241-272).
111. De Camargo, B. (2004). Estrés, Síndrome General de Adaptación o Reacción General de Alarma. *Revista Médico Científica*, 17(2), 78-86.
112. De Hoyo, M., De La Torre, A., Pradas, F., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., ... & Gonzalo-Skok, O. (2014). Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(04), 308-314.
113. De Hoyo, M., Gonzalo-Skok, O., Sañudo, B., Carrascal, C., Plaza-Armas, J. R., Camacho-Candil, F., & Otero-Esquina, C. (2016). Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training, and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 368-377.
114. De Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015a). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 46-52.
115. De Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Domínguez-Cobo, S., Mateo-Cortes, J., Cadenas-Sánchez, M. M., & Nimphius, S. (2015b). Effects of traditional versus horizontal inertial flywheel power training on common sport-related tasks. *Journal of Human Kinetics*, 47(1), 155-167.
116. De los Ríos-Calonge, J. (2017). Entrenamiento con el propio peso corporal (freeletics bwt®): influencia en la condición aeróbica de mujeres jóvenes universitarias. (*Trabajo fin de Grado*). Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de León, León, España.
117. De Pedro-Múñez, Á. (2016). Pliometría contextualizada en el fútbol y el baloncesto. Mejoras esperadas Vs reales. *Sportis: Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad*, 2(1), 36-57.
118. De Pontes, L. M., & de Sousa, M. D. S. C. (2009). Nutritional status and prevalence of metabolic syndrome in amateur soccer players. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance*, 11(1), 22-29.
119. Devrnja, A., & Matković, B. (2018). The effects of a soccer match on muscle damage indicators. *Kinesiology: International Journal of Fundamental and Applied Kinesiology*, 50(1), 112-123.
120. Díaz, J., Suazo, L., Castiglioni, C., & Bevilacqua, J. A. (2015). Utilidad de la resonancia magnética en el diagnóstico de las enfermedades musculares hereditarias. *Revista Chilena de Radiología*, 21(4), 144-150.
121. Di Giminiani, R., & Visca, C. (2017). Explosive strength and endurance adaptations in young elite soccer players during two soccer seasons. *PloS One*, 12(2), e0171734.
122. Di Salvo, V., Baron, R., Tschann, H., Montero, F. C., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(03), 222-227.

123. Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30(03), 205-212.
124. Doherty, M., Nobbs, L., & Noakes, T. D. (2003). Low frequency of the "plateau phenomenon" during maximal exercise in elite British athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 89(6), 619-623.
125. Drust, B., Atkinson, G., & Reilly, T. (2007). Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Medicine*, 37(9), 783-805.
126. Dudley, G. A., & Djamil, R. (1985). Incompatibility of endurance-and strength-training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 59(5), 1446-1451.
127. Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisløff, U. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *American Journal of Sports Medicine*, 38(9), 1752-1758.
128. Ebben, W. P., & Watts, P. B. (1998). A review of combined weight training and plyometric training modes: Complex training. *Strength & Conditioning Journal*, 20(5), 18-27.
129. Ekblom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sport Medicine*, 3, 50-60.
130. Esco, M. R., Snarr, R. L., Leatherwood, M. D., Chamberlain, N. A., Redding, M. L., Flatt, A. A., & Williford, H. N. (2015). Comparison of total and segmental body composition using DXA and multifrequency bioimpedance in collegiate female athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(4), 918-925.
131. Esteve, V., Carneiro, J., Moreno, F., Fulquet, M., Garriga, S., Pou, M., & de Arellano, M. R. (2017). Efecto de la electroestimulación neuromuscular sobre la fuerza muscular, capacidad funcional y composición corporal en los pacientes en hemodiálisis. *Nefrología*, 37(1), 68-77.
132. Faigenbaum, A. D. (2001). Strength training and children's health. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 72(3), 24-30.
133. Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 60-79.
134. Faigenbaum, A. D., Lloyd, R. S., & Myer, G. D. (2013). Youth resistance training: Past practices, new perspectives, and future directions. *Pediatric Exercise Science*, 25(4), 591-604.
135. Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2010). Pediatric resistance training: benefits, concerns, and program design considerations. *Current Sports Medicine Reports*, 9(3), 161-168.
136. Falces-Prieto, M., Casamichana, D., Sáez de Villarreal, E., Requena-Sánchez, B., Carling, C., & Suárez-Arronez, L. J. (2015a). The presence of the head coach during a small-sided game: effects on players' internal load and technical performance. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 11(41), 245-257.
137. Falces-Prieto, M., Floria-Martín, P., Benítez-Jiménez, A., Revilla-Gil, R., Torres-Pacheco, M., & Fuster-Omella, A. Rodicio-Palma, J., Sáez de Villarreal, E. (2018). Reproducibilidad de un protocolo de pliometría en jugadores jóvenes de fútbol. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 28 (2), 11-20.

138. Falces-Prieto, M., González-Fernández, F.T., Baena-Morales, S., Benítez-Jiménez, A., Martín-Barrero, A., Conde-Fernández, L., Suárez-Arrones, L., & Sáez de Villarreal, E. (2020). Effects of a strength training program with self loading on countermovement jump performance and body composition in young soccer players. *Journal of Sport and Health Research*, 12(1), 112-125.
139. Falces-Prieto, M., Revilla-Gil, R., Coca-Romero, A., & Martín-Barrero, A. (2015b). Revisión: ¿es la composición corporal un buen predictor de rendimiento y salud en fútbol? *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 18 (1), 56-68.
140. Fanchini, M., Castagna, C., Coutts, A. J., Schena, F., McCall, A., & Impellizzeri, F. M. (2014). Are the Yo-Yo intermittent recovery test levels 1 and 2 both useful? Reliability, responsiveness and interchangeability in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1950-1957.
141. Fassini, P. G., Nicoletti, C. F., Pfrimer, K., Nonino, C. B., Marchini, J. S., & Ferriolli, E. (2017). Bioelectrical impedance vector analysis as a useful predictor of nutritional status in patients with short bowel syndrome. *Clinical Nutrition*, 36(4), 1117-1121.
142. Faude, O., Roth, R., Di Giovine, D., Zahner, L., & Donath, L. (2013). Combined strength and power training in high-level amateur football during the competitive season: a randomised-controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1460-1467.
143. Fernández-Gonzalo, R., De Souza-Teixeira, F., Bresciani, G., García-López, D., Hernández-Murúa, J. A., Jiménez-Jiménez, R., & De Paz, J. A. (2010). Comparison of technical and physiological characteristics of prepubescent soccer players of different ages. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1790-1798.
144. Ferrando-Fenoll, J., & Schneider-Tirado, J. L. (2013). Relación entre el CMJ y cambios de dirección en deportes colectivos. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 2 (1), 30-35.
145. Ferrer-Contreras, M. C. (2007). Efectos de dos métodos de entrenamiento de fuerza sobre el Índice de Bosco en jugadoras de balonmano de División de Honor. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (11), 33-36.
146. Ferrete, C., Requena, B., Suárez-Arrones, L., & Sáez de Villarreal, E. (2014). Effect of strength and high-intensity training on jumping, sprinting, and intermittent endurance performance in prepubertal soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 413-422.
147. Fields, D. A., Goran, M. I., & McCrory, M. A. (2002). Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(3), 453-467.
148. FIFA. (2018a). Los orígenes. Recuperado de: <https://es.fifa.com/about-fifa/who-we-are/the-game/>
149. FIFA. (2019). IFAB® The International Football Association Board. Reglas de Juego 2019/2020. Recuperado de: [http://static-3eb8.kxcdn.com/documents/795/103540\\_200519\\_LotG\\_201920\\_ES\\_SinglePage.pdf](http://static-3eb8.kxcdn.com/documents/795/103540_200519_LotG_201920_ES_SinglePage.pdf)

150. FIFA MAGAZINE. (2007). Gran Censo 2006. Recuperado de: [https://es.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/smaga\\_9472.pdf](https://es.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/smaga_9472.pdf)
151. Filipovic, A., Grau, M., Kleinöder, H., Zimmer, P., Hollmann, W., & Bloch, W. (2016). Effects of a whole-body electrostimulation program on strength, sprinting, jumping, and kicking capacity in elite soccer players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15(4), 639-648.
152. Filipovic, A., de Marées, M., Grau, M., Hollinger, A., Seeger, B., Schiffer, T., & Gehlert, S. (2019). Superimposed whole-body electrostimulation augments strength adaptations and Type II myofiber growth in soccer players during a competitive season. *Frontiers in Physiology*, 10(1187), 1-11.
153. Fiorilli, G., Mariano, I., Iuliano, E., Giombini, A., Ciccirelli, A., Buonsenso, A., Calcagno, G., & di Cagno, A. (2020). Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players: Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19, 213-223.
154. Flouris, A. D., Koutedakis, Y., Nevill, A., Metsios, G. S., Tsiotra, G., & Parasiris, Y. (2004). Enhancing specificity in proxy-design for the assessment of bioenergetics. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(2), 197-204.
155. Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-168.
156. Fontoura, A. S. D., Schneider, P., & Meyer, F. (2004). El efecto del desentrenamiento muscular en niños pre-puberes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10(4), 281-284.
157. Fredericson, M., Chew, K., Ngo, J., Cleek, T., Kiratli, J., & Cobb, K. (2007). Regional bone mineral density in male athletes: a comparison of soccer players, runners and controls. *British Journal of Sports Medicine*, 41(10), 664-668.
158. Friedenreich, C. M., MacLaughlin, S., Neilson, H. K., Stanczyk, F. Z., Yasui, Y., Duha, A., & Courneya, K. S. (2014). Study design and methods for the Breast Cancer and Exercise Trial in Alberta (BETA). *BMC cancer*, 14(1), 919.
159. Friedli, W. G., & Meyer, M. (1984). Strength-duration curve: a measure for assessing sensory deficit in peripheral neuropathy. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 47(2), 184-189.
160. Fuller, M. F., Fowler, P. A., McNeill, G., & Foster, M. A. (1994). Imaging techniques for the assessment of body composition. *Journal of Nutrition*, 124(8), 1546-1550.
161. Garbutt, G., Boocock, M. G., Reilly, T., & Troup, J. D. G. (1994). Physiological and spinal responses to circuit weight-training. *Ergonomics*, 37(1), 117-125.
162. García-García, Ó., Serrano-Gómez, V., Martínez-Lemos, R. I., & Cancela-Carral, J. M. (2010). La fuerza: ¿una capacidad al servicio del proceso de enseñanza-aprendizaje de las habilidades motoras básicas y las habilidades deportivas específicas? *Revista de Investigación en Educación*, 8(1), 108-116.
163. García-García, O., Cancela-Carral, J. M., Oliveira-Núñez, E., & Mariño-Torrado, R. (2009). Is compatible the maximum sports performance of the athlete with the attainment and maintenance of a healthy condition? *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 5(14), 19-31.



164. García-López, D., Herrero-Alonso, J.A., & De Paz-Fernández, J.A. (2003). Metodología de entrenamiento pliométrico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3(12), 190-204.
165. García-Manso, J.M., Navarro-Valdivienso, M., & Ruíz-Caballero, J.A. (1996). Planificación del entrenamiento deportivo. *Editorial Gymnos*. Madrid, España.
166. García-Orea, G.P., Heredia-Elvar, J.R., Dalla-Vecchia, A.A., Pérez-Caballero, C., & Aguilera-Campillos, J. (2017). Dispositivos y Técnicas Para la Medición del Rendimiento del Salto Vertical: ¿Qué Opciones Tenemos? Artículos y Blogs sobre Ciencias del Ejercicio y Salud - G-SE. Recuperado de: <https://g-se.com/dispositivos-y-tecnicas-para-la-medicion-del-rendimiento-del-salto-vertical-que-opciones-tenemos-2280-sa-259430c9460ba4>
167. García-Pinillos, F., Martínez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Martínez-López, E. J., & Latorre-Román, P. A. (2014). Effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2452-2460.
168. García-Soidán, J. L., López-Pazos, J., Ogando-Berea, H., Fernández-Balea, A., Padrón-Cabo, A., & Prieto-Troncoso, J. (2014). Utilidad de la cineantropometría y la bioimpedancia para orientar la composición corporal y los hábitos de los futbolistas. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (25), 117-119.
169. García-Tabar, I., Rampinini, E., & Gorostiaga, E. M. (2019). Lactate Equivalent for Maximal Lactate Steady State Determination in Soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 90(4), 678-689.
170. Gardasevic, J., & Bjelica, D. (2020). Diferencias de Composición Corporal entre los Jugadores de Fútbol de los Tres Mejores Clubes de Fútbol. *International Journal of Morphology*, 38(1), 153-158.
171. Gardasevic, J., Bjelica, D., & Vasiljevic, I. (2019). Morphological Characteristics and Body Composition of Elite Soccer Players in Montenegro. *International Journal of Morphology*, 37(1), 284-288.
172. Garrido-Chamorro, R.P., Blasco-Lafarga, C., Alberto-Giménez, A.R., & Navalón-Torres, L. (2008). Análisis de los valores obtenidos en el test del “clear” de bádminton para ergodinamómetro en función del sexo. *Apunts. Educación física y deportes*, 2(92), 63-73.
173. Garrido-Chamorro, R.P., Blasco-Lafarga, C., Albert-Giménez, A.R., Poveda-Pagán, E.J., & Mas-Martínez, J. (2007). Valoración de la fuerza útil en tenis. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 42(154), 82-87.
174. Gettman, L., Ward, P., & Hagan, R. (1982). A comparison of combined running and weight training with circuit weight training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(3), 229-234.
175. Gianni, M. L., Roggero, P., Piemontese, P., Morlacchi, L., Bracco, B., Taroni, F., & Mosca, F. (2015). Boys who are born preterm show a relative lack of fat-free mass at 5 years of age compared to their peers. *Acta Pediátrica*, 104(3), e119-e123.
176. Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 438-445.



177. Gillone, C. (2015). El entrenamiento combinado de fuerza y resistencia. *Editorial Panamericana*. Buenos Aires, Argentina.
178. Goldspink, G. (1992). Cellular and Molecular Aspects of Adaptation in Skeletal Muscle. En P. Komi (ed.). *Strength and Power in Sport*, 211-229. London: Blackwell Scientific Publication.
179. Gómez-Carmona, P. M., Sillero-Quintana, M., Noya-Salces, J., & Pastrano-León, R. (2008). Infrared Thermography as an injury prevention method in soccer. *Archivos de Medicina del Deporte*, 25 (6), 490.
180. González-Badillo, J.J. (2000) Bases teóricas y experimentales para la aplicación del entrenamiento de fuerza al entrenamiento deportivo. *Infoco.es*. 5(2), 3-14.
181. González-Badillo, J.J., & Gorostiaga-Ayestarán, E. (1995). Fundamentos del entrenamiento de fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. *Publicaciones Inde*. Barcelona.
182. González-Badillo, J.J., & Ribas-Serna, J. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. *Publicaciones Inde*. Barcelona, España.
183. González-Badillo, J.J., & Ribas-Serna, J. (2019). Fuerza, Velocidad y Rendimiento Físico y Deportivo. *Librerías Deportivas Esteban Sanz, S.L*. Madrid, España.
184. Gordon, D., Schaitel, K., Pennefather, A., Gernigon, M., Keiller, D., & Barnes, R. (2012). The incidence of plateau at 2max is affected by a bout of prior-priming exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32(1), 39-44.
185. Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., González-Badillo, J. J., & Ibañez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5-6), 698-707.
186. Grieco, C. R., Cortes, N., Greska, E. K., Lucci, S., & Onate, J. A. (2012). Effects of a Combined Resistance-Plyometric Training Program on Muscular Strength, Running Economy, and V [Combining Dot Above] O<sub>2</sub>peak in Division I Female Soccer Players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2570-2576.
187. Griffiths, B., Grant, J., Langdown, L., Gentil, P., Fisher, J., & Steele, J. (2019). The Effect of In-Season Traditional and Explosive Resistance Training Programs on Strength, Jump Height, and Speed in Recreational Soccer Players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 90(1), 95-102.
188. Guerrero-Zúñiga, S., Vázquez-García, J. C., Gochicoa-Rangel, L., Cid-Juárez, S., Benítez-Pérez, R., del-Río-Hidalgo, R., & Torre-Bouscoulet, L. (2016). Body plethysmography: Recommendations and procedure. *Neumología y Cirugía de Tórax*, 75(4), 296-307.
189. Gutiérrez, R., Aldea, L., Cavia, M. D. M., & Alonso-Torre, S. R. (2015). Relación entre la composición corporal y la práctica deportiva en adolescentes. *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 336-345.
190. Guy, J. A., & Micheli, L. J. (2001). Strength training for children and adolescents. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 9(1), 29-36.
191. Hackett, D., Davies, T., Soomro, N., & Halaki, M. (2016). Olympic weightlifting training improves vertical jump height in sportspeople: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(14), 865-872.

192. Haff, G. G., Whitley, A., & Potteiger, J. A. (2001). A brief review: Explosive exercises and sports performance. *Strength and Conditioning Journal*, 23(3), 13-25.
193. Hagerman, F. C., Walsh, S. J., Staron, R. S., Hikida, R. S., Gilders, R. M., Murray, T. F., & Ragg, K. E. (2000). Effects of high-intensity resistance training on untrained older men. I. Strength, cardiovascular, and metabolic responses. *Journals of Gerontology series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(7), 336-346.
194. Hammami, M. A., Ben Abderrahmane, A., Nebigh, A., Le Moal, E., Ben Ounis, O., Tabka, Z., & Zouhal, H. (2013). Effects of a soccer season on anthropometric characteristics and physical fitness in elite young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 31(6), 589-596.
195. Hansen, L., Bangsbo, J., Twisk, J., & Klausen, K. (1999). Development of muscle strength in relation to training level and testosterone in young male soccer players. *Journal of Applied Physiology*, 87(3), 1141-1147.
196. Harber, M. P., Crane, J. D., Douglass, M. D., Weindel, K. D., Trappe, T. A., Trappe, S. W., & Fink, W. F. (2008). Resistance exercise reduces muscular substrates in women. *International Journal of Sports Medicine*, 29(9), 719-725.
197. Harber, M. P., Fry, A. C., Rubin, M. R., Smith, J. C., & Weiss, L. W. (2004). Skeletal muscle and hormonal adaptations to circuit weight training in untrained men. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(3), 176-185.
198. Harris, G. R., Stone, M. H., O'bryant, H. S., Proulx, C. M., & Johnson, R. L. (2000). Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(1), 14-20.
199. Harrison, J. S. (2010). Bodyweight training: A return to basics. *Strength & Conditioning Journal*, 32(2), 52-55.
200. Helland, C., Hole, E., Iversen, E., Olsson, M. C., Seynnes, O., Solberg, P. A., & Paulsen, G. (2017). Training strategies to improve muscle power: is Olympic-style weightlifting relevant? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(4), 736-745.
201. Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(11), 1925-1931.
202. Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J., & Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(09), 677-682.
203. Henneman, E. (1957). Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. *Science*, 126(3287), 1345-1347.
204. Hennessy, L. C., & Watson, A. W. (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 8(1), 12-19.
205. Herdy, C. V. (2015). Perfil Antropométrico, Composición Corporal y Somatotipo de Futbolistas brasileño de diferentes categorías y posiciones. *Educación Física y Deporte*, 34(2), 507-524.
206. Heredia-Elvar, J.R., Costa, M.R., Chulvi-Medrano, I., & Isidro-Donate, F. (2006). "Mitos y Realidades del Entrenamiento de Fuerza y Salud". *PubliCE*

- Standard*. Recuperado de: <https://g-se.com/mitos-y-realidades-en-el-entrenamiento-de-fuerza-y-salud-611-sa-h57cfb27168362>
207. Heredia-Elvar, J.R., & Peña-García-Orea, G. (2019). El entrenamiento de la fuerza para la mejora de la condición física y la salud. *Editorial Círculo Rojo*. Almería, España.
  208. Hernández, Y. H., & García, J. M. (2013). Efectos de un entrenamiento específico de potencia aplicado a futbolistas juveniles para la mejora de la velocidad con cambio de dirección. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, (31), 17-36.
  209. Hernández-Camacho, J.D., Huelva-Leal, A.B., Martínez-Sanz, J.M., Lahoz-Ruano, M.D., & Vázquez-Carrión, J. (2018). Peak height velocity and muscle mass in young soccer players. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 22(3), 219-226.
  210. Hetherington, M. R. (1976). Effect of isometric training on the elbow flexion force torque of grade five boys. *Research Quarterly. American Alliance for Health, Physical Education and Recreation*, 47(1), 41-47.
  211. Hill, A. V., & Lupton, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *QJM: An International Journal of Medicine*, 62 (16), 135-171.
  212. Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 573-582.
  213. Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players. *Sports Medicine*, 34(3), 165-180.
  214. Hoffman, J. R., Cooper, J., Wendell, M., & Kang, J. (2004). Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 129-135.
  215. Holcomb, W. R. (2005). Is neuromuscular electrical stimulation an effective alternative to resistance training? *Strength and Conditioning Journal*, 27(3), 76-79.
  216. Honda, A., Matsumoto, M., Kato, T., & Umemura, Y. (2015). Exercise characteristics influence femoral cross-sectional geometry: a magnetic resonance imaging study in elite female athletes. *Osteoporosis International*, 26(3), 1093-1098.
  217. Horstmann, T., Mayer, F., Maschmann, J., Niess, A., Roecker, K., & Dickhuth, H. H. (2001). Metabolic reaction after concentric and eccentric endurance-exercise of the knee and ankle. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 791-795.
  218. Huxley, H. E., & Hanson, J. (1954). Changes in the cross-striations of muscle during contraction and stretch and their structural interpretation. *Nature*, 173(4412), 973-976.
  219. Iai, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(3), 291-306.
  220. Iga, J., Scott, M., George, K., & Drust, B. (2014). Seasonal changes in multiple indices of body composition in professional football players. *International Journal of Sports Medicine*, 35(12), 994-998.

221. Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A. L. D. O., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(6), 1042-1047.
222. Israetel, M. A., McBride, J. M., Nuzzo, J. L., Skinner, J. W., & Dayne, A. M. (2010). Kinetic and kinematic differences between squats performed with and without elastic bands. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(1), 190-194.
223. Izzo, R., & Lo Castro, L. (2015). The study of acceleration and deceleration capacity decrease in repeated sprints in soccer. *International Journal of Physical Education, Sport and Health*, 2(2), 2394-1685.
224. Jensen, J., Hölmich, P., Bandholm, T., Zebis, M. K., Andersen, L. L., & Thorborg, K. (2014). Eccentric strengthening effect of hip-adductor training with elastic bands in soccer players: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 48(4), 332-338.
225. Jiménez, R., Parra, G., Pérez, D., & Grande, I. (2009). Valoración de la potencia de salto en jugadores semiprofesionales de fútbol y comparación de resultados por puestos. *Kronos*, 14(8), 79-84.
226. Jiménez-Reyes, P., Cuadrado-Peñafiel, V., & González-Badillo, J. J. (2011). Análisis de variables medidas en salto vertical relacionadas con el rendimiento deportivo y su aplicación al entrenamiento. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 6(17), 113-119.
227. Jiménez-Trujillo, J. O. (2011). Planificación del entrenamiento deportivo. *Funámbulos Editores, Medellín*, p. 142 (Serie Expomotricidad; 5).
228. Jorquera-Aguilera, C., Rodríguez-Rodríguez, F., Torrealba-Vieira, M. I., & Barraza-Gómez, F. (2012). Composición corporal y somatotipo de futbolistas chilenos juveniles sub 16 y sub 17. *International Journal of Morphology*, 30(1), 247-252.
229. Jubeau, M., Zory, R., Gondin, J., Martin, A., & Maffiuletti, N. A. (2006). Late neural adaptations to electrostimulation resistance training of the plantar flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 98(2), 202-211.
230. Jukic, I., Calleja-González, J., Cos, F., Cuzzolin, F., Olmo, J., Terrados, N., Njaradi, N., Sassi, R., Requena, B., Milanovic, L., Krakan, I., Chatzichristos, K., & Alcaraz, P.E. (2020). Strategies and Solutions for Team Sports Athletes in Isolation due to COVID-19. *Sports*, 8, 56.
231. Jullien, H., Bisch, C., Largouët, N., Manouvrier, C., Carling, C. J., & Amiard, V. (2008). Does a short period of lower limb strength training improve performance in field-based tests of running and agility in young professional soccer players? *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 404-411.
232. Junge, A., Rösch, D., Peterson, L., Graf-Baumann, T., & Dvorak, J. (2002). Prevention of soccer injuries: a prospective intervention study in youth amateur players. *American Journal of Sports Medicine*, 30(5), 652-659.
233. Kaikkonen, H., Yrjämä, M., Siljander, E., Byman, P., & Laukkanen, R. (2000). The effect of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance training on maximal aerobic power in sedentary adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(4), 211-215.

234. Kalapotharakos, V., Serenidis, D., & Tokmakidis, S. (2019). Heart Rate Distribution and Aerobic Fitness Changes During Preseason in Elite Soccer Players. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 25(1), 23.
235. Kalapotharakos, V. I., Strimpakos, N., Vithoulka, I., & Karvounidis, C. (2006). Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. *Journal of Sports Medicine and Physical fitness*, 46(4), 515-519.
236. Kanda, K., Yoda, T., Suzuki, H., Okabe, Y., Mori, Y., Yamasaki, K., & Hirao, T. (2018). Effects of low-intensity bodyweight training with slow movement on motor function in frail elderly patients: a prospective observational study. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 23(1), 4.
237. Kästner, A., Braun, M., & Meyer, T. (2015). Two cases of rhabdomyolysis after training with electromyostimulation by 2 young male professional soccer players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 25(6), 71-73.
238. Kato, S. & Ishiko, T. (1964) Obstructed growth of children's bones due to excessive labor in remote corners. *Proceedings of the International Congress of Sport Sciences*, 476, Tokyo. Japan
239. Kaul, S., Rothney, M.P., Peters, D.M., Wacker, W.K., Davis, C.E., & Shapiro, M.D. (2012). Dual-energy X-ray absorptiometry for quantification of visceral fat. *Obesity (Silver Spring)*, 20(6), 131-138.
240. Kemmler, W., Engelke, K., & Kalender, W. A. (2012). Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance and body composition for females 65 years and older: a randomized-controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(1), 119-127.
241. Kemper, G. L. J., Van der Sluis, A., Brink, M. S., Visscher, C., Frencken, W. G. P., & Elferink-Gemser, M. T. (2015). Anthropometric injury risk factors in elite-standard youth soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 36(13), 1112-1117.
242. Klika, B., & Jordan, C. (2013). High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 17(3), 8-13.
243. Klusiewicz, A., Borkowski, L., Sitkowski, D., Burkhard-Jagodzińska, K., Szczepańska, B., & Ładyga, M. (2016). Indirect methods of assessing maximal oxygen uptake in rowers: Practical implications for evaluating physical fitness in a training cycle. *Journal of Human Kinetics*, 50(1), 187-194.
244. Knuttgen, H. G., & Kraemer, W. J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 1(1), 1-10.
245. Kobal, R., Pereira, L.A., Zanetti, V., Ramirez-Campillo, R. and Loturco, I. (2017). Effects of Unloaded vs. Loaded Plyometrics on Speed and Power Performance of Elite Young Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, 8:742.
246. Komi, P. V., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 10(4), 261-265.
247. Koolman, J. (2005). Bioquímica. *Editorial Panamericana*. Madrid, España.
248. Kossev, A., Siggelkow, S., Kapels, H. H., Dengler, R., & Rollnik, J. D. (2001). Crossed effects of muscle vibration on motor-evoked potentials. *Clinical Neurophysiology*, 112(3), 453-456.

249. Krstrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(6), 1165-1174.
250. Lamas, L., Aoki, M. S., Ugrinowitsch, C., Campos, G. E. R., Regazzini, M., Moriscot, A. S., & Tricoli, V. (2010). Expression of genes related to muscle plasticity after strength and power training regimens. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(2), 216-225.
251. Lago-Peñas, C., Casáis, L., Dellal, A., Rey, E., & Domínguez, E. (2011). Anthropometric and physiological characteristics of young soccer players according to their playing positions: relevance for competition success. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3358-3367.
252. Lago-Peñas, C., Rey, E., Lago-Ballesteros, J., Casáis, L., & Domínguez, E. (2011). The influence of a congested calendar on physical performance in elite soccer. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2111-2117.
253. Lagunes-Carrasco, J. O., López-García, R., Carranza-García, L. E., & Durazo-Terán, L. A. (2018). Comparación del% grasa corporal obtenido con Bod Pod y DEXA en jugadores de fútbol americano mexicanos. *Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico*, 5(16), 1-5.
254. Lee, S. Y., & Gallagher, D. (2008). Assessment methods in human body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 11(5), 566-572.
255. Lemmink, K. A. P. M., Verheijen, R., & Visscher, C. (2004). The discriminative power of the Interval Shuttle Run Test and the Maximal Multistage Shuttle Run Test for playing level of soccer. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(3), 233-239.
256. Lesinski, M., Prieske, O., Helm, N., & Granacher, U. (2017). Effects of soccer training on anthropometry, body composition, and physical fitness during a soccer season in female elite young athletes: a prospective cohort study. *Frontiers in Physiology*, 8, 1093.
257. Liao, C. D., Tsao, J. Y., Huang, S. W., Ku, J. W., Hsiao, D. J., & Liou, T. H. (2018). Effects of elastic band exercise on lean mass and physical capacity in older women with sarcopenic obesity: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 8(1), 1-13.
258. Lima, A. M. J. D., Silva, D. V. G., & Souza, A. O. S. D. (2005). Correlación entre las medidas directa e indirecta del VO2max en atletas de futsal. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11(3), 164-166.
259. Lipecki, K., & Rutowicz, B. (2015). The impact of ten weeks of bodyweight training on the level of physical fitness and selected parameters of body composition in women aged 21-23 years. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 22(2), 64-68.
260. Lipecki K., Ziarkowski D. (2012). Motives and barriers of taking up physical activity by students of the tourism and recreation faculty. *Human and Health*, 6(1), 45-50.
261. Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(1), 498-505.

262. Lloyd, R. S., Meyers, R. W., & Oliver, J. L. (2011). The natural development and trainability of plyometric ability during childhood. *Strength & Conditioning Journal*, 33(2), 23-32.
263. Lohne-Seiler, H., Torstveit, M. K., & Anderssen, S. A. (2013). Traditional versus functional strength training: effects on muscle strength and power in the elderly. *Journal of Aging and Physical Activity*, 21(1), 51-70.
264. Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Zanetti, V., Gil, S., Kitamura, K., ... & Nakamura, F. Y. (2015). Half-squat or jump squat training under optimum power load conditions to counteract power and speed decrements in Brazilian elite soccer players during the preseason. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1283-1292.
265. Loturco, I., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Pivetti, B., & Roschel, H. (2013). Different loading schemes in power training during the preseason promote similar performance improvements in Brazilian elite soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(7), 1791-1797.
266. Lovell, R., Midgley, A., Barrett, S., Carter, D., & Small, K. (2013). Effects of different half-time strategies on second half soccer-specific speed, power and dynamic strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(1), 105-113.
267. Lustgarten, M. S., & Fielding, R. A. (2011). Assessment of analytical methods used to measure changes in body composition in the elderly and recommendations for their use in phase II clinical trials. *Journal of Nutrition, Health & Aging*, 15(5), 368-375.
268. Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091-1116.
269. Magallanes, C. (2010). El proceso adaptativo del entrenamiento-Abriendo la caja negra. *Revista Universitaria de la Educación Física y el Deporte*, (3), 77-84.
270. Magalhães, J., Rebelo, A., Oliveira, E., Silva, J. R., Marques, F., & Ascensão, A. (2010). Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *European Journal of Applied Physiology*, 108(1), 39-48.
271. Maio-Alves, J. M., Rebelo, A. N., Abrantes, C., & Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 936-941.
272. Makhlouf, I., Castagna, C., Manzi, V., Laurencelle, L., Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2016). Effect of sequencing strength and endurance training in young male soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(3), 841-850.
273. Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Bunc, V., Kaplan, A., Jebavy, R., & Tuma, M. (2015). Body composition of elite female players in five different sports games. *Journal of Human Kinetics*, 45(1), 207-215.
274. Malina, R. M. (2006). Weight training in youth-growth, maturation, and safety: an evidence-based review. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16(6), 478-487.

275. Malina, R. M., Cumming, S. P., Kontos, A. P., Eisenmann, J. C., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2005). Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13–15 years. *Journal of Sports Sciences*, 23(5), 515-522.
276. Mancini, D. M., Eisen, H., Kussmaul, W., Mull, R., Edmunds Jr, L. H., & Wilson, J. R. (1991). Value of peak exercise oxygen consumption for optimal timing of cardiac transplantation in ambulatory patients with heart failure. *Circulation*, 83(3), 778-786.
277. Mangine, R. E., Noyes, F. R., Mullen, M. P., & Barber, S. D. (1990). A physiological profile of the elite soccer athlete. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 12(4), 147-152.
278. Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(2), 78-85.
279. Mann, T., Lamberts, R. P., & Lambert, M. I. (2013). Methods of Prescribing Relative Exercise Intensity: Physiological and Practical Considerations. *Sports Medicine*, 43(7), 613–625.
280. Manonelles-Marqueta, P., Giménez-Salillas, L., Álvarez-Medina, J., & García-Rivas, B. (2007). Efecto de las vibraciones mecánicas en el entrenamiento de fuerza. *Apunts. Educación física y deportes*, 1(87), 73-80.
281. Marín, P. J., Zarzuela, R., Zarzosa, F., Herrero, A. J., Garatachea, N., Rhea, M. R., & García-López, D. (2012). Whole-body vibration as a method of recovery for soccer players. *European Journal of Sport Science*, 12(1), 2-8.
282. Martín-Hernández, J., Marín, P. J., & Herrero, A. J. (2011). Revisión de los procesos de hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento de fuerza oclusivo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4), 152-157.
283. Martín-Moreno, V., Gómez-Gandoy, J. B., & Antoranz-González, M. J. (2001). Medición de la grasa corporal mediante impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y ecuaciones a partir de medidas antropométricas. Análisis comparativo. *Revista Española de Salud Pública*, 75 (3), 221-236.
284. Martínez, E. G. (2010). Body composition: its importance in clinical practice and some relatively simple techniques for evaluation. *Revista Salud Uninorte*, 26(1), 98-116.
285. Martínez-Aranda, L. M., & Fernández-Gonzalo, R. (2016). Comparación de dos dispositivos de medición de potencia y trabajo durante ejercicio de fuerza con tecnología inercial flywheel. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (29), 144-148.
286. Masià, J. R., Deltell, M. C. J., Fonseca, T., & Eroles, E. N. (2012). Análisis de la planificación del entrenamiento en los deportes de equipo. *Revista Movimiento Humano*, (3), 79-98.
287. Masse, J.M. (2013). Aplicación del Test de Salto CMJ (Counter Movement Jump) con Plataforma de Contacto. *Artículos y Blogs sobre Ciencias del Ejercicio y Salud - G-SE*. Recuperado de: <https://g-se.com/aplicacion-del-test-de-salto-cmj-counter-movement-jump-con-plataforma-de-contacto-bpr57cfb26ce6203>
288. Matos, N. & Winsley, R. J. (2007). Trainability of young athletes and overtraining. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(3), 353-367.
289. Mattsson, S., & Thomas, B. J. (2006). Development of methods for body composition studies. *Physics in Medicine and Biology*, 51(13), 203-228.



290. Mauger, A. R., & Sculthorpe, N. (2012). A new VO<sub>2</sub>max protocol allowing self-pacing in maximal incremental exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 46(1), 59-63.
291. McHugh, M. P., Clifford, T., Abbott, W., Kwiecien, S. Y., Kremenec, I. J., DeVita, J. J., & Howatson, G. (2019). Countermovement jump recovery in professional soccer players using an inertial sensor. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(1), 9-15.
292. McMahon, J. J., Jones, P. A., Suchomel, T. J., Lake, J., & Comfort, P. (2018). Influence of the Reactive Strength Index Modified on Force-and Power-Time Curves. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 220-227.
293. Medina, D., Lizarraga, A., & Drobnick, F. (2014). Injury prevention and nutrition in football. *Sports Science Exchange*, 27(132), 1-5.
294. Medina-Maes, K. (2015). Influencia de la fuerza máxima en la fuerza explosiva. *Lecturas: Educación física y deportes*, 13(204), 1-4.
295. Méndez-Galvis, E.A, Márquez-Arabia, J.J., & Castro-Castro, C.A. (2007). El trabajo de fuerza en el desarrollo de la potencia en futbolistas de las divisiones menores de un equipo profesional de fútbol. *Iatreia*, 20(2), 127-143.
296. Méndez-Giménez, A. (2005). Hacia una evaluación de los aprendizajes consecuente con los modelos alternativos de iniciación deportiva. *Tándem, Didáctica de la Educación Física*, 17, 38-58.
297. Menezes, P., Rhea, M. R., Herdy, C., & Simão, R. (2018). Effects of Strength Training Program and Infrared Thermography in Soccer Athletes Injuries. *Sports*, 6(4), 148.
298. Meylan, C., & Malatesta, D. (2009). Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2605-2613.
299. Meylan, C., Cronin, J. B., Oliver, J. L., Hopkins, W. G., & Contreras, B. (2014). The effect of maturation on adaptations to strength training and detraining in 11–15-year-olds. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(3), e156-e164.
300. Michailidis, Y., Fatouros, I. G., Primpa, E., Michailidis, C., Avloniti, A., Chatzinikolaou, A., & Leontsini, D. (2013). Plyometrics' trainability in preadolescent soccer athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 38-49.
301. Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Polman, R., & Marchant, D. (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake. *Sports Medicine*, 37(12), 1019-1028.
302. Milanese, C., Cavedon, V., Corradini, G., De Vita, F., & Zancanaro, C. (2015). Seasonal DXA-measured body composition changes in professional male soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1219-1228.
303. Milsom, J., Naughton, R., O'Boyle, A., Iqbal, Z., Morgans, R., Drust, B., & Morton, J. P. (2015). Body composition assessment of English Premier League soccer players: a comparative DXA analysis of first team, U21 and U18 squads. *Journal of Sports Sciences*, 33(17), 1799-1806.
304. Miranda-Aguilar, D., Valdés-Badilla, P., Herrera-Valenzuela, T., Guzmán-Muñoz, E., Branco, B. H. M., Méndez-Rebolledo, G., & López-Fuenzalida, A.

- (2020). ¿Bandas elásticas o equipos de gimnasio para el entrenamiento de adultos mayores? Elastic bands or gym equipment for the training of older adults? *RETOS. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 37 (1), 370-378.
305. Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519-528.
306. Moran, J. J., Sandercock, G. R., Ramírez-Campillo, R., Meylan, C. M., Collison, J. A., & Parry, D. A. (2017). Age-related variation in male youth athletes' countermovement jump after plyometric training: a meta-analysis of controlled trials. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(2), 552-565.
307. Morrow, J. R., Jackson, A. W., Disch, J. G., & Mood, D. P. (1995). Measurement and Evaluation in Human Performance. *Champaign, IL: 5<sup>TH</sup> Human Kinetics*. ISBN: 978-0-7360-9039-1.
308. Mosler, A. B., Crossley, K. M., Thorborg, K., Whiteley, R. J., Weir, A., Serner, A., & Hölmich, P. (2017). Hip strength and range of motion: normal values from a professional football league. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 339-343.
309. Mosteiro-Muñoz, F., & Domínguez, R. (2017) Efectos del entrenamiento con sobrecargas isoinerciales sobre la función muscular / Effects of Inertial Overload Resistance Training on Muscle Function. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 17 (68), 757-773.
310. Mueller, S. M., Knechtle, B., Knechtle, P., & Toigo, M. (2014). Physiological alterations after a marathon in the first 90-year-old male finisher: case study. *Springerplus*, 3(1), 1-9.
311. Mujika, I., Santisteban, J., & Castagna, C. (2009). In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2581-2587.
312. Munguía-Izquierdo, D., Suárez-Arrones, L., Di Salvo, V., Paredes-Hernández, V., Ara, I., & Méndez-Villanueva, A. (2019). Estimating fat-free mass in elite youth male soccer players: cross-validation of different field methods and development of prediction equation. *Journal of Sports Sciences*, 37(11), 1197-1204.
313. Muñoz, D. (2009). Capacidades físicas básicas. Evolución, factores y desarrollo. Sesiones prácticas. *Revista digital de Educación Física y Deportes*, 14 (131). Recuperado de <https://www.efdeportes.com/efd131/capacidades-fisicas-basicas-evolucion-factores-y-desarrollo.htm>
314. Muñoz-Fernández-Arroyo, V.E. (2015). Cuantificación y análisis de las demandas físicas y respuestas fisiológicas en el fútbol juvenil durante entrenamientos y competición, y su relación con el perfil condicional. (Tesis Doctoral). Universidad de Castilla La Mancha, Toledo, España.
315. Muñoz-López, A. (2014). Propuesta multifactorial de cuantificación de la carga en fútbol. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 13(3), 30-41.
316. Myer, G. D., & Wall, E. J. (2006). Resistance training in the young athlete. *Operative techniques in sports Medicine*, 14(3), 218-230.
317. Nana, A., Slater, G. J., Hopkins, W. G., & Burke, L. M. (2012). Techniques for undertaking dual-energy X-ray absorptiometry whole-body scans to estimate

- body composition in tall and/or broad subjects. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(5), 313-322.
318. Nariño-Lescay, R., Alonso-Becerra, A., & Hernández-González, A. (2016). Anthropometry. Comparative analysis of technologies for the capture of anthropometric dimensions. *Revista EIA*, (26), 47-59.
319. Navarro, P., & Javier, F. (2007). El entrenamiento de la fuerza en niños y jóvenes. Aplicación al rendimiento deportivo. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2(1), 1-9.
320. Navarro-Valdivielso, F. (2001). Modelos de planificación según el deportista y el deporte. *Deporte y actividad física para todos*, (2), 11-28.
321. Newton, R. U., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Humphries, B. J., & Murphy, A. J. (1996). Kinematics, kinetics, and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(1), 31-43.
322. Nicholson, G., Ispoglou, T., & Bissas, A. (2016). The impact of repetition mechanics on the adaptations resulting from strength-, hypertrophy-and cluster-type resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, 116(10), 1875-1888.
323. Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P.A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal of Applied Physiology*, 110 (5), 997-1005.
324. Núñez, F. J., Munguía-Izquierdo, D., Petri, C., & Suárez-Arrones, L. (2019). Field Methods to Estimate Fat-free Mass in International Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 40(10), 619-624.
325. Núñez, F. J., Suárez-Arrones, L. J., Cater, P., & Méndez-Villanueva, A. (2017). The high-pull exercise: A comparison between a versapulley flywheel device and the free weight. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 527-532.
326. Nye, N. S., Carnahan, D. H., Jackson, J. C., Covey, C. J., Zarzabal, L. A., Chao, S. Y., & Crawford, P. F. (2014). Abdominal Circumference Is Superior to Body Mass Index in Estimating Musculoskeletal Injury Risk. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(10), 1951-1959.
327. O'Keefe, J. H., Vogel, R., Lavie, C. J., & Cordain, L. (2011). Exercise like a hunter-gatherer: a prescription for organic physical fitness. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 53(6), 471-479.
328. OMS (Organización Mundial de la Salud). (2017). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud: 2010. [Consulta: 10 de septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/9789241599979/es>.
329. Orquín-Castrillón, F. J., Torres-Luque, G., & Ponce de León, F. (2009). Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal y la fuerza máxima en jóvenes entrenados. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 44(164), 156-162.
330. Ortega-González, J. A., Vázquez-Tlalolini, F. E., Vélez-Pliego, M., Cortés-Romero, C. E., Barrios-Espinosa, C., Cueto-Ameca, K., & Bilbao-Reboredo, T. (2018). Comparación de los métodos de antropometría clásica e impedancia bioeléctrica a través de la determinación de la composición corporal en jóvenes universitarias. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 38(4), 164-171.

331. Osawa, Y., Azuma, K., Tabata, S., Katsukawa, F., Ishida, H., Oguma, Y., ... & Matsumoto, H. (2014). Effects of 16-week high-intensity interval training using upper and lower body ergometers on aerobic fitness and morphological changes in healthy men: a preliminary study. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 5, 257-265.
332. Osorio, J.A., Clavijo, M.P., Arango, E., Patiño, S., & Gallego, I.C. (2007). Lesiones deportivas. *Iatreia*, 20(2), 167-177.
333. Otero-Esquina, C., De Hoyo, M., Gonzalo-Skok, Ó., Domínguez-Cobo, S., & Sánchez, H. (2017). Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players? *European Journal of Sport Science*, 17(10), 1241-1251.
334. Owen, A., Dunlop, G., Rouissi, M., Chtara, M., Paul, D., Zouhal, H., & Wong, D. P. (2015). The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2100-2105.
335. Ozaki, H., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2013). Resistance training induced increase in VO<sub>2</sub>max in young and older subjects. *European Review of Aging and Physical Activity*, 10(2), 107-116.
336. Ozmun, J. C., Mikesky, A. E., & Surburg, P. R. (1994). Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(4), 510-514.
337. Padulo, J., Di Giminiani, R., Ibba, G., Zarrouk, N., Moalla, W., Attene, G., & Chamari, K. (2014). The acute effect of whole body vibration on repeated shuttle-running in young soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 35(01), 49-54.
338. Palao, J.M., Saenz, B., & Ureña, A. (2001). Efecto de un trabajo de aprendizaje del ciclo estiramiento-acortamiento sobre la capacidad de salto en voleibol. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 1(3), 163-176.
339. Palomino-Mendoza, M., Cedeño-Martínez, M. E., & Cedeño-Martínez, E. M. (2016). Ejercicios para el desarrollo de la conducción del balón en la intención de juego en el fútbol (revisión). *Olimpia: Publicación científica de la facultad de cultura física de la Universidad de Granma*, 13(40), 136-146.
340. Palop-Montoro, M. V., Párraga-Montilla, J. A., Lozano-Aguilera, E., & Arteaga-Checa, M. (2015). El entrenamiento vibratorio como intervención en la sarcopenia: repercusiones en el sistema neuromuscular de los adultos mayores. *Nutrición Hospitalaria*, 32(4), 1454-1461.
341. Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(7), 724-735.
342. Parlebas, P. (2008). Juegos, deporte y sociedades. Léxico de praxeología motriz (Vol. 36). *Editorial Paidotribo*. Barcelona, España.
343. Parodi-Feye, A. S. (2017). Análisis crítico de la Ley de Henneman. *Educación Física y Ciencia*, 19(2), e032.

344. Pastor-Navarro, F. J. (2007). El entrenamiento de la fuerza en niños y jóvenes. Aplicación al rendimiento deportivo. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2(1), 1-9.
345. Peeters, A., Tanamas, S., Gearon, E., Al-Gindan, Y., & Lean, M. E. (2016). Beyond BMI: how to capture influences from body composition in health surveys. *Current Nutrition Reports*, 5(4), 286-294.
346. Peña, G., Heredia, J. R., Lloret, C., Martín, M., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2016). Iniciación al entrenamiento de fuerza en edades tempranas: revisión. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(1), 41-49.
347. Peña-González, I., Fernández-Fernández, J., Cervelló, E., & Moya-Ramon, M. (2019). Effect of biological maturation on strength-related adaptations in young soccer players. *PloS One*, 14(7), e0219355
348. Peplonska, B., Lissowska, J., Hartman, T. J., Szeszenia-Dabrowska, N., Blair, A., Zatonski, W., & Brinton, L. A. (2008). Adulthood lifetime physical activity and breast cancer. *Epidemiology*, 19(2), 226-236.
349. Perroni, F., Vetrano, M., Camolese, G., Guidetti, L., & Baldari, C. (2015). Anthropometric and Somatotype Characteristics of Young Soccer Players: Differences Among Categories, Subcategories, and Playing Position. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2097-2104.
350. Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B., Budtz-Jørgensen, E., & Hölmich, P. (2011). Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *American Journal of Sports Medicine*, 39(11), 2296-2303.
351. Pietrobelli, A., Formica, C., Wang, Z., & Heymsfield, S. B. (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 271(6), E941-E951.
352. Plank, L. D. (2005). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 8(3), 305-309.
353. Poblete-Valderrama, F., Flores, C., Castro-Espinoza, H., Cubillos-Ojeda, C., & Ayala-García, M. (2016). Fortalecimiento muscular con bandas elásticas para la mejora de la funcionalidad de adultos mayores. *Revista Peruana Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3(4), 385-390.
354. Pochetti, J., Ponczosznik, D., Rojas-Filartiga, P., & Testa, N. (2018). Entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes: beneficios, riesgos y recomendaciones. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 116(5), 82-91.
355. Pombo-Fernández, M., Rodríguez-Barnada, J., Brunet-Pàmies, X., & Requena, B. (2004). La electroestimulación, entrenamiento y periodización. Aplicación práctica al fútbol y 45 deportes. *Editorial Paidotribo*, Barcelona, España.
356. Ponce de León, A. (2019). Programa de ejercicios con bandas elásticas de resistencia para el incremento de la velocidad en la carrera home-primera base, con jugadores de béisbol, categoría juvenil de Matanzas. *Podium. Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física*, 14(1), 5-24.
357. Ponce de León, A., Carreño-Vega, J. E., & Valdés-Cárdenas, E. (2018). Protocolo de entrenamiento para el incremento de la velocidad del swing y la carrera home-primera base de los jugadores de béisbol (categoría juvenil) de matanzas (original). *Revista Científica Olimpica*, 15(50), 1-14.

358. Pons, V., Riera, J., Galilea, P. A., Drobnic, F., Banquells, M., & Ruiz, O. (2015). Características antropométricas, composición corporal y somatotipo por deportes. Datos de referencia del CAR de San Cugat, 1989-2013. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 50(186), 65-72.
359. Poole, D. C., Wilkerson, D. P., & Jones, A. M. (2008). Validity of criteria for establishing maximal O<sub>2</sub> uptake during ramp exercise tests. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 403-410.
360. Porcari, J. P., Miller, J., Cornwell, K., Foster, C., Gibson, M., McLean, K., & Kernozek, T. (2005). The effects of neuromuscular electrical stimulation training on abdominal strength, endurance, and selected anthropometric measures. *Journal of Sports Science & Medicine*, 4(1), 66-75.
361. Probst, V. S., Kovelis, D., Hernandez, N. A., Camillo, C. A., Cavalheri, V., & Pitta, F. (2011). Effects of 2 exercise training programs on physical activity in daily life in patients with COPD. *Respiratory Care*, 56(11), 1799-1807.
362. Quagliarella, L., Sasanelli, N., Belgiovine, G., Accettura, D., Notarnicola, A., & Moretti, B. (2011). Evaluation of counter movement jump parameters in young male soccer players. *Journal of Applied Biomaterials and Biomechanics*, 9(1), 40-46.
363. Ramírez-Campillo, R., Andrade, D. C., Álvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Báez-SanMartín, E., & Izquierdo, M. (2014). The effects of intersset rest on adaptation to 7 weeks of explosive training in young soccer players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(2), 287-296.
364. Ramírez-Campillo, R., Gallardo, F., Henriquez-Olguín, C., Meylan, C. M., Martínez, C., Álvarez, C., & Izquierdo, M. (2015a). Effect of vertical, horizontal, and combined plyometric training on explosive, balance, and endurance performance of young soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1784-1795.
365. Ramírez-Campillo, R., Meylan, C. M., Álvarez-Lepín, C., Henriquez-Olguín, C., Martinez, C., Andrade, D. C., & Izquierdo, M. (2015b). The effects of interday rest on adaptation to 6 weeks of plyometric training in young soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(4), 972-979.
366. Ramírez-Giraldo, J. C., Arboleda-Clavijo, C., & McCollough, C. H. (2008). Tomografía computarizada por rayos X: fundamentos y actualidad. *Revista Ingeniería Biomédica*, 2(4), 54-66.
367. Ramos, J. J., Segovia, J. C., & López-Silvarrey, F. J. (2009). Test de laboratorio versus test de campo en la valoración del futbolista. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y Deporte*, 9(35), 312-321.
368. Ramos-Bermúdez, S., & Taborda-Chaurra, J. (2001). Orientaciones para la planificación del entrenamiento con niños. *Apunts. Educación física y deportes*, 3(65), 45-52.
369. Rantalainen, T., Weeks, B. K., Nogueira, R. C., & Beck, B. R. (2015). Effects of bone-specific physical activity, gender and maturity on tibial cross-sectional bone material distribution: a cross-sectional pQCT comparison of children and young adults aged 5-29 years. *Bone*, 72, 101-108.
370. Raya-González, J. (2017). El entrenamiento de la fuerza para la mejora del rendimiento físico-deportivo y la prevención de lesiones en el fútbol. (Tesis

- Doctoral*). Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.
371. Raya-González, J., & Sánchez-Sánchez, J. (2018). Métodos de entrenamiento de la fuerza para la mejora de las acciones en el fútbol [Strength Training Methods for Improving Actions in Football]. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 132(2), 72-93.
372. Raya-González, J., Suárez-Arrones, L., Rísquez-Bretones, A. & Sáez de Villarreal, E. (2018). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16. *RETOS: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (33), 106-111.
373. Reeves, N.D., Maganaris, C.N., Ferretti, G., & Narici, M.V. (2005). Influence of 90-day simulated microgravity on human tendon mechanical properties and the effect of resistive countermeasures. *Journal of Applied Physiology*, 98 (6), 2278-2286.
374. Reilly, T. (2005). An ergonomics model of the soccer training process. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 561-572.
375. Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 669-683.
376. Reilly, T., & Ekblom, B. (2005). The use of recovery methods post-exercise. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 619-627.
377. Reilly, T., Secher, N., Snell, P., & Williams, C. (1990). *Physiology of Sports. Londres: E & FN Spon.*
378. Reina-Ramos, C., & Domínguez, R. (2014). Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo e hipertrofia muscular. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 38(10), 366-382.
379. Requena, B. Puche, P. P., & González-Badillo, J. J. (2005). Percutaneous electrical stimulation in strength training: An update. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 438-448.
380. Rico-Sanz, J. (1997). Evaluaciones de rendimiento en futbolistas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 14(59), 207-212.
381. Rienzi, E., Mazza, J.C., Carter, J.E., & Reilly, T. (1998). Futbolista sudamericano de élite: morfología, análisis del juego y performance: resultados de las investigaciones en composición corporal, análisis del movimiento y análisis táctico, en la Copa América 1995. (Uruguay). *Editorial Biosystem Servicio Educativo*.
382. Ripka, W. L., Rotta, C. V., Ulbricht, L., & Neves, E. B. (2014). Composición corporal evaluada por pliegues cutáneos y bioimpedancia en varones militares brasileños. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 14(54), 279-289.
383. Rittweger, J., Felsenberg, D., Maganaris, C., & Ferretti, J. L. (2007). Vertical jump performance after 90 days bed rest with and without flywheel resistive exercise, including a 180 days follow-up. *European Journal of Applied Physiology*, 100(4), 427-436.
384. Rodríguez-Rodríguez, F., López-Fuenzalida, A., Holway, F., & Jorquera-Aguilera, C. (2019). Diferencias antropométricas por posición de juego en futbolistas profesionales chilenos. *Nutrición Hospitalaria*, 36(4), 846-853.

385. Rodríguez-Matoso, D., García-Manso, J. M., Sarmiento, S., De Saa, Y., Vaamonde, D., Rodríguez-Ruiz, D., & da Silva-Grigoletto, M. E. (2012). Evaluación de la respuesta muscular como herramienta de control en el campo de la actividad física, la salud y el deporte. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(1), 28-40.
386. Roldán-Aguilar, E. E. (2009). Bases fisiológicas de los principios del entrenamiento deportivo. *Revista Politécnica*, 5(8), 84-93.
387. Román, M. C. (2003). Técnicas de valoración del estado nutricional. *Sociedad de Pediatría de Andalucía Occidental y Extremadura*, 10(1), 26-35.
388. Romero-Boza, S., Feria-Madueño, A., Sañudo-Corrales, B., De Hoyo, M., & Del Ojo-López, J. J. (2014). Efectos de entrenamiento de fuerza en sistema isoínercial sobre la mejora del CMJ en jóvenes futbolistas de elite. *RETOS: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (26), 180-182.
389. Romero-Rodriguez, D., Gual, G., & Tesch, P. A. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Physical Therapy in Sport*, 12(1), 43-48.
390. Rønnestad, B. R., & Ellefsen, S. (2011). The effects of adding different whole-body vibration frequencies to preconditioning exercise on subsequent sprint performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3306-3310.
391. Rønnestad, B. R., Nymark, B. S., & Raastad, T. (2011). Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(10), 2653-2660.
392. Ruivo, R. M., Carita, A. I., & Pezarat-Correia, P. (2016). Effects of a 16-week strength-training program on soccer players. *Science & Sports*, 31(5), e107-e113.
393. Ryschon, T. W., Fowler, M. D., Wysong, R. E., Anthony, A. R., & Balaban, R. S. (1997). Efficiency of human skeletal muscle in vivo: comparison of isometric, concentric, and eccentric muscle action. *Journal of Applied Physiology*, 83(3), 867-874.
394. Sáez, G.C., Abella, C.P., & García-Manso, J. (2006). El entrenamiento de la hipertrofia muscular. *Editorial Wanceulen*, Sevilla, España.
395. Sáez de Villarreal, E. S. (2004). Variables determinantes en el salto vertical. *Lecturas: Educación física y deportes*, 10 (70), 31-41.
396. Sáez de Villarreal, E., Kellis, E., Kraemer, W. J., & Izquierdo, M. (2009). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 495-506.
397. Sáez de Villarreal, E., Requena, B., & Cronin, J. B. (2012). The effects of plyometric training on sprint performance: A meta-analysis. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 575-584.
398. Sáez de Villarreal, E., Suárez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G.G., Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1894-1903.
399. Sale, D.G. (1992). Neural adaptation to strength training. In P.V. Komi (ed.) *Strength and Power in Sport, 1 st ed. Oxford: Blackwell*, 249-263.



400. Sale, D.G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138-143.
401. Samson, A., & Pillai, P. S. (2018). Effect of Cluster Training Versus Traditional Training on Muscular Strength among Recreationally Active Males-A Comparative Study. *Indian Journal of Physiotherapy & Occupational Therapy*, 12(1), 122-127.
402. Sánchez, I. A. (2012). Efectos De La Carga Física Anaeróbica Sobre El Proceso De Síntesis De Proteínas Contráctiles En El Músculo Esquelético. *Movimiento Científico*, 6(1), 102-113.
403. Sánchez, B., & Salas, J. (2009). Determinación del consumo máximo de oxígeno del futbolista costarricense de primera división en pretemporada 2008. *MHSalud. Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, 6(2), 1-5.
404. Sánchez-Iglesias, A., Fernández-Lucas, M., & Teruel, J. L. (2012). Fundamentos eléctricos de la bioimpedancia. *Nefrología*, 32(2), 133-135.
405. Sánchez-Oliva, D., Santalla, A., Candela, J. M., Leo, F. M., & García-Calvo, T. (2014). Análisis de la relación entre el Yo-Yo Test y el consumo máximo de oxígeno en jóvenes jugadores de fútbol. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 10(37), 180-193.
406. Sander, A., Keiner, M., Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2013). Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 445-451.
407. Sant'Anna, M. D. S. L., Priore, S. E., & Franceschini, S. D. C. C. (2009). Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. *Revista Paulista de Pediatria*, 27(3), 315-321.
408. Santos, F. V., Chiappa, G. R., Ramalho, S. H. R., de Lima, A. C. G. B., de Souza, F. S. J., Cahalin, L. P., & Cipriano, G. (2018). Resistance exercise enhances oxygen uptake without worsening cardiac function in patients with systolic heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Heart Failure Reviews*, 23(1), 73-89.
409. Santos-Silva, P. R., Pedrinelli, A., Jaramillo, D. E. R., Dorileo, C. G., & Greve, J. M. D. A. (2016). Evaluación isocinética de músculos flexores y extensores en jugadores de fútbol profesional antes de iniciar la fase de pretemporada. *Revista Latinoamericana de Cirugía Ortopédica*, 1(2), 54-57.
410. Sanz-Ramírez, E. (2015). Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza unilateral o bilateral sobre el rendimiento en gestos de fuerza velocidad y la asimetría bilateral en jóvenes futbolistas. (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Valencia, España.
411. Sartori, P. M., Viña, A., Arcos, A., Roberts, F., Barasatián, P., & Yampolski, B. (2019). Espectro de lesiones en imágenes de tomografía computarizada y resonancia magnética, en deportistas que participaron en los Juegos Olímpicos de la Juventud Buenos Aires 2018. Nuestra experiencia. *Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología*, 84(4), 372-385.
412. Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power events. En P. Komi (ed.). *Strength and power in Sport London*, Blackwell:381-395.
413. Schvartzman, P., Salgado, D., Buteler, J., Alonso, P., Ríos, A., & Mondello, E. (2016). Utilidad de la resonancia magnética en el diagnóstico de lesiones

- musculares de localización atípica. *Revista Argentina de Radiología*, 80(1), 27-38.
414. Sebastiani, E.M., & González, C.A. (2000). Cualidades físicas. *Editorial Inde*. Barcelona, España.
415. Seemler, J.G., & Enoka, R.M. (2000). Neural contributions to changes in muscle strength. En: V. Zatsiorsky (ed.). *Biomechanics in Sport*, 3-20. Oxford: Blackwell.
416. Serrano, M. M., Beneit, M. S., Santurino, M. M., Armesilla, M. C., de Espinosa, M. G. M., & del Cerro, J. P. (2007). Técnicas analíticas en el estudio de la composición corporal. Antropometría frente a sistemas de bioimpedancia bipolar y tetrapolar. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 27(3), 11-19.
417. Shuster, A., Patlas, M., Pinthus, J. H., & Mourtzakis, M. (2012). The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *British Journal of Radiology*, 85(1009), 1-10.
418. Siff, M., & Verkhoshansky, Y. (2000). Superentrenamiento. *Editorial Paidotribo*. Barcelona, España.
419. Silva, J. R., Magalhães, J. F., Ascensão, A. A., Oliveira, E. M., Seabra, A. F., & Rebelo, A. N. (2011). Individual match playing time during the season affects fitness-related parameters of male professional soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(10), 2729-2739.
420. Silva, J. R., Nassis, G. P., & Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine-Open*, 1(1), 17.
421. Silvestre, R., Kraemer, W. J., West, C., Judelson, D. A., Spiering, B. A., Vingren, J. L., & Maresh, C. M. (2006). Body composition and physical performance during a National Collegiate Athletic Association Division I men's soccer season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 962-970.
422. Smirmaul, B. P. C., Bertucci, D. R., & Teixeira, I. P. (2013). Is the VO<sub>2</sub>max that we measure really maximal? *Frontiers in Physiology*, 4 (203), 1-4.
423. Smith, R. E., & Smoll, F. L. (1997). Coaching the coaches: Youth sports as a scientific and applied behavioral setting. *Current Directions in Psychological Science*, 6(1), 16-21.
424. Snijder, M. B., Van Dam, R. M., Visser, M., & Seidell, J. C. (2006). What aspects of body fat are particularly hazardous and how do we measure them? *International Journal of Epidemiology*, 35(1), 83-92.
425. Söhnlein, Q., Müller, E., & Stöggl, T. L. (2014). The effect of 16-week plyometric training on explosive actions in early to mid-puberty elite soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2105-2114.
426. Spinetti, J., Figueiredo, T., Bastos, V. D. O., Assis, M., Fernandes, L. D. O., Miranda, H., ... & Simao, R. (2016). Comparison between traditional strength training and complex contrast training on repeated sprint ability and muscle architecture in elite soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(11), 1269-1278.
427. Spinetti, J., Figueiredo, T., Willardson, J., Bastos de Oliveira, V., Assis, M., Fernandes de Oliveira, L., & Simão, R. (2018). Comparison between traditional strength training and complex contrast training on soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(1), 42-49.

428. Stachenfeld, N. S., Eskenazi, M., Gleim, G. W., Coplan, N. L., & Nicholas, J. A. (1992). Predictive accuracy of criteria used to assess maximal oxygen consumption. *American Heart Journal*, 123(4), 922-925.
429. Stevens, A., & Lowe, J. S. (2006). Histología humana (3a ed.). Editorial Elsevier. Madrid, España.
430. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
431. Strudwick, A., Reilly, T., & Doran, D. (2002). Anthropometric and fitness profiles of elite players in two football codes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(2), 239-242.
432. Stryer, L., Berg, J. M., & Reverté, S. A. (2008). Introducció a la bioquímica ia la biologia molecular. *Omnis Cellula*, 16(50), 1.
433. Styles, W. J., Matthews, M. J., & Comfort, P. (2016). Effects of strength training on squat and sprint performance in soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(6), 1534-1539.
434. Suárez-Arrones, L., Lara-López, P., Torreño, N., Sáez de Villarreal, E., Di Salvo, V., & Méndez-Villanueva, A. (2019). Effects of strength training on body composition in young male professional soccer players. *Sports*, 7(5), 104.
435. Suárez-Arrones, L., Petri, C., Maldonado, R. A., Torreño, N., Munguía-Izquierdo, D., Di Salvo, V., & Méndez-Villanueva, A. (2018a). Body fat assessment in elite soccer players: cross-validation of different field methods. *Science and Medicine in Football*, 2(3), 203-208.
436. Suárez-Arrones, L., Sáez de Villarreal, E., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., & Méndez-Villanueva, A. (2018b). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PloS One*, 13(10), e0205332.
437. Suárez-Carmona, W., & Sánchez-Oliver, A. J. (2018). Índice de masa corporal: ventajas y desventajas de su uso en la obesidad. Relación con la fuerza y la actividad física. *Nutrición Clínica en Medicina*, 12(3), 128-139.
438. Suay, F., Ricarte, J., & Salvador, A. (2007). Indicadores psicológicos de sobreentrenamiento y agotamiento. *Revista de Psicología del Deporte*, 7(2), 7-28.
439. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419-1449.
440. Svantesson, U., Österberg, U., Thomee, R., Peeters, M., & Grimby, G. (1998). Fatigue during repeated eccentric-concentric and pure concentric muscle actions of the plantar flexors. *Clinical Biomechanics*, 13(4-5), 336-343.
441. Svensson, M., & Drust, B. (2005). Testing soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 601-618.
442. Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K. I., Kato, M., Uno, K., ... & Eto, F. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 65-73.
443. Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology*, 88(1), 61-65.

444. Takarada, Y., Tsuruta, T., & Ishii, N. (2004). Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *Japanese Journal of Physiology*, 54(6), 585-592.
445. ten Haaf, T., & Weijs, P. J. (2014). Resting energy expenditure prediction in recreational athletes of 18–35 years: confirmation of Cunningham equation and an improved weight-based alternative. *PloS One*, 9(10), e108460.
446. Thibault, R., Genton, L., & Pichard, C. (2012). Body composition: why, when and for who? *Clinical Nutrition*, 31(4), 435-447.
447. Thomas, K., French, D., & Hayes, P. R. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 332-335.
448. Thompson, W. R. (2016). Worldwide survey of fitness trends for 2017. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 20(6), 8-17.
449. Tous-Fajardo, J. (1999). Nuevas tendencias en fuerza y musculación. *Editorial Ergo*, Barcelona, España.
450. Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing change-of-direction speed in soccer players by functional inertial eccentric overload and vibration training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(1), 66-73.
451. Tous-Fajardo, J., Maldonado, R. A., Quintana, J. M., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2006). The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(3), 293-298.
452. Tsuzuku, S., Kajioaka, T., Endo, H., Abbott, R. D., Curb, J. D., & Yano, K. (2007). Favorable effects of non-instrumental resistance training on fat distribution and metabolic profiles in healthy elderly people. *European Journal of Applied Physiology*, 99(5), 549-555.
453. Turner, A. N., & Jeffreys, I. (2010). The stretch-shortening cycle: Proposed mechanisms and methods for enhancement. *Strength & Conditioning Journal*, 32(4), 87-99.
454. Urdampilleta, A., Álvarez-Herms, J., Martínez Sanz, J.M., Corbi, F., & Roche, E. (2014). Physical rehabilitation in football by mechanical vibration and hypoxia. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 14 (53), 119-134.
455. Urzua, R., Von Oetinger, A., & Cancino, J. (2009). Potencia aeróbica máxima, fuerza explosiva del miembro inferior y peak de torque isocinético en futbolistas chilenos profesionales y universitarios. *Revista Kronos*, 8(15), 54-57.
456. Vácz, M., Tollár, J., Meszler, B., Juhász, I., & Karsai, I. (2013). Short-term high intensity plyometric training program improves strength, power and agility in male soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 36(1), 17-26.
457. Van de Hoef, P. A., Brauers, J. J., van Smeden, M., Backx, F. J., & Brink, M. S. (2020). The Effects of Lower-Extremity Plyometric Training on Soccer-Specific Outcomes in Adult Male Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(1), 3-17.

458. Van Winckel, J., Helsen, W., McMillan, K., Tenney, D., Meert, J.P., & Bradley, P. (2014). Fitness in Soccer. The Science and Practical Application. *Edit Moveo Ergo Sum*. India.
459. Vandewalle, H., Peres, G., & Monod, H. (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Medicine*, 4(4), 268-289.
460. Vandewalle, H., Peres, G., Sourabie, B., Stouvenel, O., & Monod, H. (1989). Force-velocity relationship and maximal anaerobic power during cranking exercise in young swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 10(06), 439-445.
461. Vargas, C. (2007). Consumo de oxígeno máximo telemétrico vs. Yo-Yo Endurance Test, en jugadores del fútbol profesional argentino. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 21 (4), 13-18.
462. Veldman, M.P., Gondin, J., Place, N., & Maffiuletti, N.A. (2016). Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation Training on Endurance Performance. *Frontiers in Physiology*, 7:544.
463. Vera, F. J., Arroyo, N., López, J. L., Alonso, J. I., Flores, B., & Sarti, M. A. (2005). Eficacia de cuatro juegos motores para el acondicionamiento de los músculos del abdomen. Motricidad. *European Journal of Human Movement*, 14, 81-93.
464. Verkhoshansky, Y. (1990). Entrenamiento deportivo. Planificación y programación. *Barcelona: Ediciones Martínez Roca*.
465. Verkhoshansky, Y. (2007). Supermethods of special physical preparation for high class athlete. *Journal of Sport Strength Training Methodology*, (2). Recuperado de: [www.verkhoshansky.com](http://www.verkhoshansky.com)
466. Viru, A. (1995). Adaptation in sports training. *Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo: CRC Press*.
467. Vogt, M., & Hoppeler, H. H. (2014). Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of Applied Physiology*, 116(11), 1446-1454.
468. Voisin, M. P., & Scohier, M. (2019). Effect of an 8-week plyometric training program with raised forefoot platforms on agility and vertical jump performance. *International Journal of Exercise Science*, 12(6), 491-504.
469. Vrijens, J. (1978). Muscle strength development in the pre-and post-pubescent age. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 11, 152-158.
470. Wang, Y. C., & Zhang, N. (2016). Effects of plyometric training on soccer players. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 12(2), 550-554.
471. Wang, Z., Heymsfield, S. B., Chen, Z., Zhu, S., & Pierson, R. N. (2010). Estimation of percentage body fat by dual-energy x-ray absorptiometry: evaluation by in vivo human elemental composition. *Physics in Medicine & Biology*, 55(9), 2619-2635.
472. Warburton, D. E., Gledhill, N., & Quinney, A. (2001). Musculoskeletal fitness and health. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(2), 217-237.
473. Watanabe, Y., Tanimoto, M., Oba, N., Sanada, K., Miyachi, M., & Ishii, N. (2015). Effect of resistance training using bodyweight in the elderly: Comparison of resistance exercise movement between slow and normal speed movement. *Geriatrics & Gerontology International*, 15(12), 1270-1277.

474. Wilmore, J.H., & Costill, D.L. (2004). Physiology of sport and exercise. 3rd edition. *Human Kinetics, Champaign IL*. p. 271-304.
475. Wirtz, N., Filipovic, A., Gehlert, S., de Marées, M., Schiffer, T., Bloch, W., & Donath, L. (2020). Seven Weeks of Jump Training with Superimposed Whole-Body Electromyostimulation Does Not Affect the Physiological and Cellular Parameters of Endurance Performance in Amateur Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 1123.
476. Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288.
477. Wisløff, U., Helgerud, J. A., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(3), 462-467.
478. Witzke, K. A., & Snow, C. M. (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(6), 1051-1057.
479. Woods, C., Hawkins, R., Hulse, M., & Hodson, A. (2002). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football analysis of preseason injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 36(6), 436-441.
480. Wong, P. L., Chaouachi, A., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 653-660.
481. Wong, P. L., Chamari, K., Dellal, A., & Wisløff, U. (2009). Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1204-1210.
482. Yamanaka, T., Farley, R. S., & Caputo, J. L. (2012). Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2523-2529.
483. Young, W. K., & Metzl, J. D. (2010). Strength training for the young athlete. *Pediatric Annals*, 39(5), 293-299.
484. Zhao, X., Wang, Z., Zhang, J., Hua, J., He, W., & Zhu, S. (2013). Estimation of total body skeletal muscle mass in Chinese adults: prediction model by dual-energy X-ray absorptiometry. *PLoS One*, 8(1), e53561.
485. Zhou, B., Lu, Y., Hajifathalian, K., Bentham, J., Di Cesare, M., Danaei, G., & Lo, W. C. (2016). Worldwide trends in diabetes since 1980: a pooled analysis of 751 population-based studies with 4· 4 million participants. *Lancet*, 387(10027), 1513-1530.
486. Ziogas, G. G., Patras, K. N., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2011). Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 414-419.
487. Zisis, P. (2013). The effects of an 8 weeks plyometric training program or an explosive strength training program on the Jump-and-Reach Height of male amateur soccer players. *Journal of Physical Education and Sport*, 13(4), 594-600.

488. Zúñiga-Galavíz, U., & de León-Fierro, L. (2007a). Somatotipo en futbolistas semiprofesionales clasificados por su posición de juego. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 3(9), 29-36.
489. Zúñiga-Galavíz, U., & de León-Fierro, L. (2007b). Somatotype of semiprofessional soccer players classified by their position in the game. *International Journal of Sports Science*, 3(9), 29-36.

## **CAPÍTULO II: PROBLEMAS, OBJETIVOS E HIPÓTESIS**



## 2.1 Formulación del problema

Mediante la presente investigación, intentamos demostrar los efectos de dos modelos de entrenamiento de fuerza (autocargas vs sobrecargas) sobre el salto vertical (CMJ), el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) y la composición corporal (CC) (peso, altura, % graso y masa muscular), durante una temporada en jugadores jóvenes de fútbol atendiendo a la categoría (cadete y juvenil) y puesto específico (portero, defensa central, defensa lateral, centrocampista, extremo y delantero). Una vez analizada la bibliografía, se puede deducir que la situación problemática existe y que se dan las condiciones necesarias para justificar la formulación de uno o varios problemas relevantes de investigación. La problemática general se plantea en un estudio experimental y longitudinal y las consideraciones pertinentes podrían ser las que se indican a continuación.

## 2.2 Problemas

### 2.2.1. Problema 1

Diferentes métodos de entrenamiento de fuerza han sido utilizados para la mejora del rendimiento en el fútbol (Raya-González & Sánchez-Sánchez, 2018). Estas estrategias pueden ser clasificadas según los medios de entrenamiento que se emplean: ejercicios tradicionales (Rønnestad & Ellefsen, 2011), ejercicios balísticos (Loturco *et al.*, 2015), ejercicios olímpicos (Hoffman, Cooper, Wendell, & Kang, 2004), ejercicios pliométricos (Sáez de Villarreal, Suárez-Arrones, Requena, Haff, Ferrete, 2015), ejercicios con sobrecarga excéntrica (Suárez-Arrones *et al.*, 2018) y la combinación de algunos de ellos en el método de contrastes (Buchheit, Méndez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, 2010). Aunque estos métodos van acompañados de material costoso. Sin embargo, no todas las instituciones tienen un presupuesto para estos materiales, por esta razón, entrenadores y/o preparadores físicos intentan encontrar recursos válidos, simples y económicos para el entrenamiento de fuerza. Un método generalmente utilizado es el basado en autocargas (propio peso corporal) (Harrison, 2010; Klika & Jordan, 2013). Esta metodología es ampliamente utilizada e investigada en grupos prepúberes y jóvenes (Faigenbaum & Myer, 2010; Peña, Heredia, Lloret, Martín, & Da Silva-Grigoletto, 2016) y personas de edad avanzada (Kanda *et al.*, 2018; Tsuzuku *et al.*, 2007; Watanabe *et al.*, 2015), pero no es suficientemente investigada en fútbol. Hasta la fecha sólo el artículo de Falces-Prieto *et al.*, (2020), evaluó dicha metodología de entrenamiento en jugadores jóvenes de fútbol. No obstante, en la mayoría de los casos, esta metodología de entrenamiento de fuerza exige un gran esfuerzo por parte de los jugadores jóvenes; de lo contrario, los movimientos se pueden hacer con poco control durante la ejecución (Navarro & Javier, 2007). Por lo tanto, se necesita mucha más investigación en este importante tema. Por ello nos planteamos el siguiente problema:

- ¿Qué método de entrenamiento de fuerza (autocargas vs sobrecargas) es más óptimo para la mejora de las capacidades físicas en jugadores jóvenes de fútbol?

### 2.2.2. Problema 2

El impacto del entrenamiento de fuerza sobre las variables de rendimiento, como el sprint, la agilidad y el salto vertical sigue siendo controvertido (Hammami, Negra, Shephard, & Chelly 2017). Una de las pruebas válidas para observar las adaptaciones del entrenamiento de fuerza en fútbol, es el salto CMJ (Bridgeman, McGuigan, Gill, & Dulson, 2018; Comfort, Stewart, Bloom, & Clarkson, 2014; Di Giminiani & Visca, 2017; Thomas, French, & Hayes, 2009). Tradicionalmente, la prueba CMJ es una medida estándar de la potencia de tren inferior (McMahon, Jones, Suchomel, Lake, & Comfort, 2017). Actualmente, conocemos el perfil de actividad intermitente del fútbol, mediante acciones como aceleraciones y desaceleraciones, esprines lineales, cambios de dirección y saltos (De Hoyo *et al.*, 2015; Otero-Esquina, De Hoyo, Gonzalo-Skok, Domínguez-Cobo, & Sánchez, 2017; Sáez de Villarreal *et al.*, 2015). Por lo tanto, sugerimos que los jugadores de fútbol necesiten altos niveles de fuerza muscular, especialmente en la parte inferior del cuerpo para realizar las acciones de alta intensidad mencionadas (Falces-Prieto *et al.*, 2020; Michailidis *et al.*, 2013; Suchomel, Nimphius, & Stone, 2016). En consecuencia, es esencial que el trabajo de fuerza se realice a una edad temprana para que los jugadores de niños, jóvenes y adultos obtengan un rendimiento óptimo (Sáez de Villarreal *et al.*, 2015)

Si atendemos a la transferencia generada por el entrenamiento de fuerza y resto de variables analizadas en esta investigación, podemos empezar indicando que la relación entre trabajos de fuerza y mejora en CMJ queda reflejada en estudios como el de Méndez-Galvis, Márquez-Arabia, & Castro-Castro, (2007), en donde implementaron un trabajo de fuerza máxima entre el 75 y 85% de 1-RM en 60 jugadores de fútbol, produciendo mejoras en SJ y CMJ estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), tanto a las 6 semanas, como entre las 6 y las 12 semanas. Otro caso parecido es el estudio de Comfort *et al.* (2014), donde 34 jugadores jóvenes de fútbol, entrenaron durante media temporada combinando 4-5 sesiones de entrenamiento específico técnico-táctico más 2 sesiones de entrenamiento de fuerza a la semana, mejorando los parámetros en CMJ ( $p < 0.001$ ). Por último, Falces-Prieto *et al.*, (2020), evidenciaron que tras un entrenamiento de fuerza con autocargas en jugadores de fútbol jóvenes realizado 2 días por semana y durante 8 semanas, sirvió para mejorar la altura de salto CMJ en categoría Sub 19 ( $p < 0.01$ ).

Por ello, nos planteamos el siguiente problema:

- ¿Qué método de entrenamiento de fuerza (autocargas vs sobrecargas) es más óptimo para la mejora del CMJ en jugadores jóvenes de fútbol?

### 2.2.3. Problema 3

Durante un partido se realizan entre 150-250 acciones de alta intensidad y corta duración (Carling, le Gall, & Dupont, 2012), se alcanza una intensidad media en torno al 80-90% de la frecuencia cardíaca máxima (FC<sub>máx</sub>) que se corresponde con el 70-75 % del VO<sub>2</sub>max (Krustrup *et al.*, 2006). Debemos saber que existe una correlación significativa entre el VO<sub>2</sub>max y la distancia total recorrida por el futbolista (Bangsbo, Mohr, &

Krustrup, 2006; Hoff, 2005) o con la tabla de posiciones (Wisløff, Helgerud, & Hoff, 1998). Por otro lado, también se sabe que un elevado VO<sub>2</sub>max permite mantener el correcto desempeño técnico durante el juego, retrasando la aparición de la fatiga y aumentando hasta en un 100% el número de sprint realizados durante un partido de fútbol (Helgerud, Engen, Wisløff, & Hoff, 2001). Además, los futbolistas con valores más altos de VO<sub>2</sub>max presentan una actividad mayor en acciones de alta intensidad y sprint, y tienen una mejor recuperación entre esfuerzos de alta intensidad (Chamari *et al.*, 2005; Hoff, 2005; Helgerud, Rodas, Kemi, & Hoff, 2011; Ziogas, Patras, Stergiou, & Georgoulis, 2011).

A pesar de que el fútbol es un deporte predominantemente aeróbico (Quintela, Yanci, Santiago, Iturricastillo, & Granados, 2015), el carácter intermitente del juego supone una implicación metabólica mixta (Bangsbo *et al.*, 2006) y las acciones decisivas de este dependen de los sistemas energéticos anaeróbicos (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). La relevancia de la vía anaeróbica justifica su inclusión en las programaciones de entrenamiento de los futbolistas (Hoff & Helgerud, 2004), presencia que debe materializarse a través de trabajos de fuerza (Raya-González & Sánchez-Sánchez, 2018), sin embargo, estos estudios siguen sin examinar los efectos concretos de estos tratamientos sobre la capacidad aeróbica.

Por ello, el problema planteado es el siguiente:

- ¿Existe incompatibilidad entre dos tratamientos de fuerza (autocargas vs sobrecargas) sobre la capacidad aeróbica evaluada mediante la obtención del VO<sub>2</sub>max en jugadores jóvenes de fútbol?

#### **2.2.4. Problema 4**

La influencia del entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal, se ha convertido en un importante tema de investigación dado que la prevalencia de obesidad en niños y adolescentes continúa aumentando (Faigenbaum & Myer, 2010). Con respecto al fútbol, la composición corporal es un elemento clave para el rendimiento del jugador de fútbol (Suárez-Arrones *et al.*, 2019). Recientemente, investigaciones en el fútbol han descrito cambios en la composición corporal después de un entrenamiento de fuerza utilizando metodologías basadas en entrenamientos excéntricos (Suárez-Arrones *et al.*, 2018), métodos tradicionales (Orquín-Castrillón, Torres-Luque, & Ponce de León, 2009) o entrenamientos combinados en circuitos (Jukic *et al.*, 2020), entre otros. Sin embargo, hasta la fecha, sólo el estudio de Falces-Prieto *et al.*, (2020), ha evaluado el efecto de las autocargas y su relación con la composición corporal en jugadores jóvenes de fútbol.

Por ello, el problema planteado es el siguiente:

- ¿Qué método de entrenamiento de fuerza (autocargas vs sobrecargas) es más óptimo para la mejora de las variables de composición corporal en jugadores jóvenes de fútbol?

## 2.3 Objetivos

Por tanto, la problemática objeto de estudio planteada nos hace establecer los siguientes objetivos generales.

### 2.3.1 Objetivos Generales

1. Comprobar los efectos de dos modelos de entrenamiento de fuerza (autocargas vs sobrecargas) en el rendimiento físico de jugadores jóvenes de fútbol durante una temporada de fútbol (37 semanas).
2. Evaluar los efectos del entrenamiento de fuerza con autocargas y sobrecargas sobre el rendimiento de salto CMJ en jugadores jóvenes de fútbol.
3. Evaluar la incidencia del entrenamiento de fuerza con autocargas y sobrecargas sobre el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) en jugadores jóvenes de fútbol.
4. Evaluar los efectos del entrenamiento de fuerza con autocargas y sobrecargas sobre las variables de composición corporal propuestas en esta investigación.

### 2.3.2 Objetivos Específicos

Una vez analizada la problemática y revisada la literatura, nos centraremos concretamente en los siguientes objetivos:

1. Comparar el efecto que se produce tras el entrenamiento de fuerza con autocargas y/o sobrecargas sobre otras cualidades físicas condicionales (CMJ,  $VO_{2max}$  y composición corporal) y su efecto en cada categoría (cadete/juvenil) y demarcación específica (portero, defensa central, lateral, centrocampista, extremo y delantero).
2. Demostrar la relación (positiva o negativa) entre entrenamiento de fuerza y  $VO_{2max}$ .
3. Analizar que método de entrenamiento de fuerza (autocargas vs sobrecargas) es más efectivo para mejorar las variables de composición corporal estudiadas (aumento de altura, disminución del peso, reducción del % graso y aumento de la masa muscular).
4. Examinar la relación de masa muscular con respecto al CMJ y  $VO_{2max}$ .

## 2.4 Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis 1

En el pasado, el entrenamiento de la fuerza era habitualmente introducido al final de la maduración somática del sujeto, es decir, cuando alcanzaba los 18 años de edad (Peña *et al.*, 2016). Por el contrario, existen estudios recientes en niños y adolescentes en los que se demuestra que, con un entrenamiento de fuerza adecuado, existe una mejor respuesta a las demandas fisiológicas que toda actividad física requiere (Ferrete, Requena, Suárez-Arrones, & Sáez de Villarreal, 2014; Sáez de Villarreal *et al.*, 2015). Durante mucho tiempo se ha mantenido la controversia del entrenamiento de fuerza en niños y adolescentes, pero de todos los contenidos condicionales que se planifican y ejecutan durante la temporada, la fuerza es la cualidad condicional más importante a desarrollar en el fútbol (Cometti, 1999; Seirulo, 1995), puesto que influye de forma positiva en la

mejora de las demás cualidades y, por tanto, en un mayor rendimiento del futbolista, ya que, con un entrenamiento de fuerza adecuado, hay una mayor respuesta a las demandas fisiológicas que el fútbol requiere (Brito *et al.*, 2014; Owen *et al.*, 2015). Aunque aún no existe consenso en cuanto a un diseño ideal de programas de entrenamiento de fuerza, por lo general se incluyen ejercicios con pesos libres y máquinas (Apel, Lacey, & Kell, 2011), pero también debemos tener en cuenta el entrenamiento sin pesos adicionales, es decir, con el propio peso corporal.

Con respecto a la temporalidad de los entrenamientos de fuerza, podemos indicar que los programas de entrenamiento más eficaces parecen ser aquellos con una duración mínima de 8 semanas y series múltiples (Faigenbaum *et al.*, 2009; Lloyd *et al.*, 2014; Peña *et al.*, 2016), con dos días de entrenamiento por semana (Falces-Prieto *et al.*, 2020; Otero-Esquina *et al.*, 2017) y que a ser posible deberán continuarse a largo plazo para afianzar y mantener las adaptaciones conseguidas. No tenemos conocimiento de que los autores se hayan centrado en el análisis de la combinación de programas de entrenamiento de fuerza con autocargas y/o sobrecargas durante la temporada con el fin de mejorar el rendimiento de jugadores jóvenes de fútbol.

Por lo tanto, proponemos la siguiente hipótesis:

- Un entrenamiento de fuerza con autocargas o sobrecargas realizado 2 días a la semana durante 37 semanas y combinado con la dinámica normal de entrenamiento técnico-táctico y partidos de competición el fin de semana, produce un efecto positivo sobre diferentes parámetros determinantes del rendimiento en fútbol como el salto vertical y el VO<sub>2</sub>max, así como cambios en la composición corporal.

#### **2.4.2. Hipótesis 2**

Por otra parte, la base en la preparación física en fútbol la componen la fuerza y la velocidad. Por tanto, el rendimiento en las acciones explosivas que se producen durante el juego será clave en el desarrollo del mismo.

Entre las acciones que mayor influencia tienen en el juego actual, se encuentran los saltos (Romero-Boza, Feria-Madueño, Sañudo-Corrales, De Hoyo, & Del Ojo-López, 2014). Un jugador puede realizar más o menos saltos en función de la demarcación que ocupe en el terreno de juego, variando este número entre 1 y 36 saltos (Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003), por tanto, la mejora en la altura del salto parece ser un parámetro de rendimiento en este tipo de acciones. En esta línea, hay que destacar que la fuerza máxima presenta una correlación elevada con el rendimiento tanto en salto vertical como en sprint en futbolistas de élite (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004). Por lo que el entrenamiento de fuerza parece ser un medio importante para la mejora del salto y la mejora del rendimiento en jóvenes futbolistas (Chelly *et al.*, 2009; Gorostiaga *et al.*, 2004; Rønnestad, Nymark, & Raastad, 2011). Sin embargo, ningún estudio se ha centrado en el análisis de la combinación de un programa de entrenamiento de fuerza con autocargas y sobrecargas durante la temporada para mejorar el rendimiento de los jugadores jóvenes de fútbol.

Por todo esto, se plantea la siguiente hipótesis:

- Un entrenamiento de fuerza con autocargas o sobrecargas realizado 2 días a la semana durante 37 semanas y combinado con la dinámica normal de entrenamiento técnico-táctico y partidos de competición el fin de semana, produce un efecto positivo sobre la variable altura (cm) del salto CMJ expresado en jugadores jóvenes de fútbol.

### **2.4.3. Hipótesis 3**

Se cree que la aplicación de un programa de entrenamiento de fútbol a una edad temprana que contenga un tratamiento de fuerza básica en el entrenamiento puede influir negativamente en la capacidad aeróbica. Aunque el entrenamiento de resistencia inhibe o interfiere sobre el desarrollo de la fuerza y viceversa (Dudley & Djamil, 1985; Hennessy & Watson, 1994), la mejora del  $\text{VO}_2\text{max}$  después de los programas de entrenamiento de fuerza también se relaciona con un aumento de la capacidad oxidativa muscular a través del aumento de la citrato-sintasa y la producción de ATP muscular (Santos *et al.*, 2017). Además, algunos estudios han encontrado mejoras en el  $\text{VO}_2\text{max}$  de hasta el 23% después de un programa de entrenamiento de fuerza con sobrecargas (Carrasco-Martínez, Marín-Pagán, & Alcaraz-Ramón, 2019). Por último, Jukic *et al.*, (2020), evidenciaron que el entrenamiento de fuerza en circuito, es un método efectivo para el desarrollo concurrente del  $\text{VO}_2\text{max}$ . Según las indagaciones que realizamos en la bibliografía, nuestro estudio se suma a los pocos trabajos que han utilizado el entrenamiento de fuerza para evaluar adaptaciones a nivel cardiovascular. Por lo tanto, proponemos la siguiente hipótesis:

- Un entrenamiento de fuerza (autocargas o sobrecargas) de 37 semanas de duración, con una periodicidad de 2 días por semana, más la combinación con entrenamientos técnico-tácticos y partidos de competición el fin de semana, produce un efecto positivo sobre el  $\text{VO}_2\text{max}$  en jugadores jóvenes de fútbol.

### **2.4.4. Hipótesis 4**

Aunque los entrenamientos de fuerza producen determinadas mejoras neuromusculares, se suelen prescribir por sus beneficios relacionados con los aumentos de fuerza muscular y los efectos sobre la composición corporal (Orquín-Castrillón *et al.*, 2009). Estudios del entrenamiento en circuito de 12 semanas de duración, con intensidades comprendidas entre el 20 y el 40% de una repetición máxima (1RM), producen aumentos en fuerza del 2 al 17 % y las adaptaciones obtenidas en los % masa grasa (%MG) son de una disminución hasta del 3 al 4% (Kaikkonen, Yrjämä, Siljander, Byman, & Laukkanen, 2000). En programas de entrenamiento de fuerza de 10 semanas de duración utilizando intensidades de entrenamiento entre el 40 y el 60% de 1RM se observaron mejoras en fuerza máxima comprendidas entre el 6 y el 42% y disminuciones de hasta 2,6% en los %MG (Harber, Fry, Rubin, Smith, & Weiss, 2004). Si se analizan los estudios de 8 semanas de duración con unas intensidades en torno al 40% de 1RM, se observaron incrementos del 5 al 32% en fuerza máxima y una disminución comprendida entre el 2 y el 4,3% en %MG (Garbutt, Boocock, Reilly, & Troup, 1994). Por último, Falces-Prieto *et al.*, (2020), en su estudio de 8 semanas de entrenamiento de fuerza con autocargas en jugadores jóvenes de fútbol, se produjo una disminución significativa de la masa corporal

(MC) en el grupo Sub17 ( $p < 0.001$ ). Los grupos Sub17 y Sub19 mostraron una disminución significativa en % MG ( $p < 0.001$ ) y, por último, se produjo un aumento significativo en la masa muscular ( $p < 0.001$ ) en todos los grupos. Sin embargo, hasta la fecha, no existen estudios que focalicen su atención en la implementación de dos métodos de trabajos de fuerza diferentes en jugadores jóvenes de fútbol durante una temporada completa y la modificación o no de las variables de composición corporal.

Por ello, planteamos la siguiente hipótesis:

- Un entrenamiento de fuerza (autocargas o sobrecargas) de 37 semanas de duración, con una periodicidad de 2 días por semana, más la combinación con entrenamientos técnico-tácticos y partidos de competición el fin de semana, producirá cambios positivos en las variables de composición corporal evaluadas (aumento de la altura, disminución del peso, disminución del % graso y aumento de la masa muscular).

## 2.5 Bibliografía

1. Apel, J. M., Lacey, R. M., & Kell, R. T. (2011). A comparison of traditional and weekly undulating periodized strength training programs with total volume and intensity equated. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 694-703.
2. Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(07), 665-674.
3. Bridgeman, L. A., McGuigan, M. R., Gill, N. D., & Dulson, D. K. (2018). Relationships between concentric and eccentric strength and countermovement jump performance in resistance trained men. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(1), 255-260.
4. Brito, J., Figueiredo, P., Fernandes, L., Seabra, A., Soares, J.M., Krstrup, P., & Rebelo, A. (2010). Isokinetic strength effects of FIFA's 'The 11+' injury prevention training programme'. *Isokinet Exercise Science*, 18(4), 211-215.
5. Buchheit, M., Méndez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2715-2722.
6. Carling, C., le Gall, F. & Dupont, G. (2012). Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 30(4), 325-336.
7. Carrasco-Martínez, A. J., Marín-Pagán, C., & Alcaraz-Ramón, P. E. (2019). Efectos de la frecuencia de entrenamiento en circuito de alta intensidad sobre la fuerza isocinética y la composición corporal en sujetos no entrenados. *Cultura, ciencia y deporte: revista de ciencias de la actividad física y del deporte de la Universidad Católica de San Antonio*, (14), 125-138.
8. Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R., Moussa-Chamari, I., & Wisløff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(1), 24-28.
9. Chelly, M. S., Fathloun, M., Cherif, N., Amar, M. B., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back-squat training program on leg power, jump, and sprint

- performances in junior soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2241-2249.
10. Cometti, G. (1999). Fútbol y musculación. *Publicaciones Inde*. Barcelona, España.
  11. Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 173-177.
  12. De Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 46-52.
  13. Di Giminiani, R., & Visca, C. (2017). Explosive strength and endurance adaptations in young elite soccer players during two soccer seasons. *PloS One*, 12(2), e0171734.
  14. Dudley, G. A., & Djamil, R. (1985). Incompatibility of endurance-and strength-training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 59(5), 1446-1451.
  15. Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 60-79.
  16. Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2010). Pediatric resistance training: benefits, concerns, and program design considerations. *Current Sports Medicine Reports*, 9(3), 161-168.
  17. Falces-Prieto, M., González-Fernández, F.T., Baena-Morales, S., Benítez-Jiménez, A., Martín-Barrero, A., Conde-Fernández, L., Suárez-Arrones, L., & Sáez de Villarreal, E. (2020). Effects of a strength training program with self-loading on countermovement jump performance and body composition in young soccer players. *Journal of Sport and Health Research*, 12(1), 112-125.
  18. Ferrete, C., Requena, B., Suárez-Arrones, L., & Sáez de Villarreal, E. S. (2014). Effect of strength and high-intensity training on jumping, sprinting, and intermittent endurance performance in prepubertal soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 413-422.
  19. Garbutt, G., Boocock, M. G., Reilly, T., & Troup, J. D. G. (1994). Physiological and spinal responses to circuit weight-training. *Ergonomics*, 37(1), 117-125.
  20. Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., González-Badillo, J. J., & Ibañez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5-6), 698-707.
  21. Hammami, M., Negra, Y., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2017). The effect of standard strength vs. contrast strength training on the Development of sprint, agility, repeated change of direction, and jump in junior male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 901-912.
  22. Harber, M. P., Fry, A. C., Rubin, M. R., Smith, J. C., & Weiss, L. W. (2004). Skeletal muscle and hormonal adaptations to circuit weight training in untrained men. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(3), 176-185.



23. Harrison, J. S. (2010). Bodyweight training: A return to basics. *Strength & Conditioning Journal*, 32(2), 52-55.
24. Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(11), 1925-1931.
25. Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J., & Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(09), 677-682.
26. Hennessy, L.C., & Watson, A.W.S. (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 8(1), 12-9.
27. Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 573-582.
28. Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players. *Sports Medicine*, 34(3), 165-180.
29. Hoffman, J. R., Cooper, J., Wendell, M., & Kang, J. (2004). Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 129-135.
30. Jukic, I., Calleja-González, J., Cos, F., Cuzzolin, F., Olmo, J., Terrados, N., Njaradi, N., Sassi, R., Requena, B., Milanovic, L., Krakan, I., Chatzichristos, K., & Alcaraz, P.E. (2020). Strategies and Solutions for Team Sports Athletes in Isolation due to COVID-19. *Sports*, 8, 56.
31. Kaikkonen, H., Yrjämä, M., Siljander, E., Byman, P., & Laukkanen, R. (2000). The effect of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance training on maximal aerobic power in sedentary adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(4), 211-215.
32. Kanda, K., Yoda, T., Suzuki, H., Okabe, Y., Mori, Y., Yamasaki, K., & Hirao, T. (2018). Effects of low-intensity bodyweight training with slow movement on motor function in frail elderly patients: a prospective observational study. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 23(4), 1-8.
33. Klika, B., & Jordan, C. (2013). High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 17(3), 8-13.
34. Krstrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(6), 1165-1174.
35. Loturco, I., Pereira, L. A., Koba, R., Zanetti, V., Gil, S., Kitamura, K., & Nakamura, F. Y. (2015). Half-squat or jump squat training under optimum power load conditions to counteract power and speed decrements in Brazilian elite soccer players during the preseason. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1283-1292.
36. Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(1), 498-505.
37. McMahon, J. J., Jones, P. A., Suchomel, T. J., Lake, J., & Comfort, P. (2017). Influence of the Reactive Strength Index Modified on Force-and Power-Time

- Curves. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 220-227.
38. Michailidis, Y., Fatouros, I. G., Primpa, E., Michailidis, C., Avloniti, A., Chatzinikolaou, A., & Leontsini, D. (2013). Plyometrics' trainability in preadolescent soccer athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 38-49.
39. Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519-528.
40. Navarro, P., & Javier, F. (2007). El entrenamiento de la fuerza en niños y jóvenes. Aplicación al rendimiento deportivo. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2(1), 1-9.
41. Orquín-Castrillón, F. J., Torres-Luque, G., & Ponce de León, F. (2009). Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal y la fuerza máxima en jóvenes entrenados. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 44(164), 156-162.
42. Otero-Esquina, C., De Hoyo Lora, M., Gonzalo-Skok, Ó., Domínguez-Cobo, S., & Sánchez, H. (2017). Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players? *European Journal of Sport Science*, 17(10), 1241-1251.
43. Owen, A., Dunlop, G., Rouissi, M., Chtara, M., Paul, D., Zouhal, H., & Wong, D. P. (2015). The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2100-2105.
44. Peña, G., Heredia, J. R., Lloret, C., Martín, M., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2016). Iniciación al entrenamiento de fuerza en edades tempranas: revisión. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(1), 41-49.
45. Quintela, K., Yanci, J., Santiago, A., Iturricastillo, A., & Granados, C. (2015). Diferencias en la respuesta fisiológica en el test Yo-Yo Intermittent Recovery Level 1 entre futbolistas de categoría cadete y juvenil. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, (410), 27-40.
46. Raya-González, J., & Sánchez-Sánchez, J. (2018). Métodos de entrenamiento de la fuerza para la mejora de las acciones en el fútbol [Strength Training Methods for Improving Actions in Football]. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 132(2), 72-93.
47. Romero-Boza, S., Feria-Madueño, A., Sañudo-Corrales, B., De Hoyo, M., & Del Ojo-López, J. J. (2014). Efectos de entrenamiento de fuerza en sistema isoínercial sobre la mejora del CMJ en jóvenes futbolistas de elite. *RETOS. Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (26), 180-182.
48. Rønnestad, B. R., & Ellefsen, S. (2011). The effects of adding different whole-body vibration frequencies to preconditioning exercise on subsequent sprint performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3306-3310.
49. Rønnestad, B. R., Nymark, B. S., & Raastad, T. (2011). Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(10), 2653-2660.
50. Sáez de Villarreal, E. S., Suárez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., & Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill

- performance in adolescent soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1894-1903.
51. Santos, F. V., Chiappa, G. R., Ramalho, S. H. R., de Lima, A. C. G. B., de Souza, F. S. J., Cahalin, L. P., & Cipriano, G. (2018). Resistance exercise enhances oxygen uptake without worsening cardiac function in patients with systolic heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Heart Failure Reviews*, 23(1), 73-89.
  52. Seirulo, F. (1995). Criterios modernos del Entrenamiento en el Fútbol. *Jornadas Internacionales de Medicina y Fútbol premundial 94, San Sebastián. S.H.E.E.-I.V.E.F.* Vitoria (España).
  53. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of Soccer. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
  54. Suárez-Arrones, L., Lara-López, P., Torreño, N., Sáez de Villarreal, E., Di Salvo, V., & Méndez-Villanueva, A. (2019). Effects of strength training on body composition in young male professional soccer players. *Sports*, 7(5), 104.
  55. Suárez-Arrones, L., Sáez de Villarreal, E., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., & Méndez-Villanueva, A. (2018). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PloS One*, 13(10), e0205332.
  56. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419-1449.
  57. Thomas, K., French, D., & Hayes, P. R. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 332-335.
  58. Tsuzuku, S., Kajioka, T., Endo, H., Abbott, R. D., Curb, J. D., & Yano, K. (2007). Favorable effects of non-instrumental resistance training on fat distribution and metabolic profiles in healthy elderly people. *European Journal of Applied Physiology*, 99(5), 549-555.
  59. Watanabe, Y., Tanimoto, M., Oba, N., Sanada, K., Miyachi, M., & Ishii, N. (2015). Effect of resistance training using bodyweight in the elderly: Comparison of resistance exercise movement between slow and normal speed movement. *Geriatrics & Gerontology International*, 15(12), 1270-1277.
  60. Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288.
  61. Wisløff, U., Helgerud, J. A., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(3), 462-467.
  62. Ziogas, G. G., Patras, K. N., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2011). Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 414-419.

# **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### 3.1 Tipo de investigación

La metodología del presente estudio queda determinada por el tipo de investigación que se pretende realizar, más concretamente por los objetivos que se intentan conseguir, la naturaleza de las variables a tratar y el nivel de control del proceso.

Las características de los datos obtenidos reflejan que el estudio ha sido fundamentalmente cuantitativo, dentro de un marco experimental dado por el grado de la manipulación de las variables independientes (ejercicios de fuerza con autocarga y ejercicios de fuerza con sobrecargas) y los objetivos del estudio perseguidos.

Las variables dependientes del estudio han sido, altura de salto (CMJ), consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) y variables de composición corporal (peso, altura, % grasa y masa muscular). Por todo ello, y viendo las características tanto del estudio como del objeto de estudio podemos decir que nos encontramos ante un estudio de carácter explorativo, longitudinal y correlacional.

### 3.2. Sujetos

La muestra estuvo formada por jugadores jóvenes de fútbol masculino ( $n= 144$ ) de categoría cadete ( $n= 71$ ) y juvenil ( $n= 73$ ) pertenecientes a una academia de alto rendimiento en fútbol, con más de 5 años en la práctica deportiva del fútbol y que pasaron 1 año completo en la academia. Fueron excluidos de la muestra 12 jugadores, de los cuales 7 estuvieron de forma temporal (días, semanas o meses) y 5 jugadores lesionados con una duración de más de 2 meses durante el periodo de intervención. Ambos grupos realizaron 37 semanas de entrenamiento de fuerza. Los sujetos se asignaron en base a su experiencia en la academia en 4 grupos. Los sujetos de nuevo ingreso en la academia, realizaron el protocolo de fuerza con autocargas y los jugadores que ya estuvieron la temporada anterior, conformaron el grupo de entrenamiento de fuerza con sobrecargas. Con respecto a la muestra, hemos de indicar que no existió grupo control, ya que se realizó una intervención cruzada en cada grupo. Así pues, la muestra fue dividida de la siguiente manera: grupo autocargas cadetes (GAUTC) ( $n= 34$ ), grupo autocargas juvenil (GAUTJ) ( $n= 35$ ), grupo sobrecarga cadete (GSOBC) ( $n= 37$ ) y grupo sobrecarga juvenil (GSOBJ) ( $n= 38$ ). Además, dentro de cada categoría se dividió a los jugadores atendiendo a su demarcación específica. La información sobre los grupos se puede ver más detallada en la tabla 12.

El trabajo fue diseñado respetando las normas de la Declaración de Helsinki 2017 y aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Pablo de Olavide. Todos los jugadores, padres-madres y/o tutores, junto a los responsables de la academia, fueron notificados del diseño de la investigación y sus requisitos, así como de los beneficios y riesgos potenciales antes de iniciar el estudio, mediante la entrega y firma del consentimiento informado para jugadores menores y mayores de edad (Anexo 1). Antes de iniciar el estudio se entregó a los jugadores el protocolo del procedimiento para la realización de los test físicos y el programa de entrenamiento correspondiente. Además, se procedió a su explicación de manera colectiva en una reunión colectiva y mediante herramientas audiovisuales. Todos aceptaron voluntariamente participar en este estudio.



**Ilustración 20.** Reunión colectiva de explicación del programa de entrenamiento a realizar con los jugadores.

**Tabla 12.** Información inicial de los jugadores en categoría cadete y juvenil según tratamiento de fuerza y demarcación. Se presentan los promedios y desviación estándar (Prom  $\pm$  DV).

Tratamiento	Demarcación	Edad (años)	Peso (Kg)	Altura (cm)	% graso	Masa Muscular (Kg)
<b>CADETES</b>						
<b>GAUTC</b>	<b>Portero (n=4)</b>	14,25 $\pm$ 0,50	66,85 $\pm$ 3,77	175,43 $\pm$ 5,95	15,48 $\pm$ 3,50	56,03 $\pm$ 3,16
	<b>Defensa Central (n=4)</b>	14,50 $\pm$ 0,58	64,75 $\pm$ 11,08	174,63 $\pm$ 5,41	16,33 $\pm$ 3,99	53,57 $\pm$ 6,42
	<b>Lateral (n=6)</b>	14,17 $\pm$ 0,41	56,90 $\pm$ 5,76	169,75 $\pm$ 2,52	12,13 $\pm$ 4,00	49,72 $\pm$ 3,81
	<b>Centrocampista (n=10)</b>	14,70 $\pm$ 0,48	53,43 $\pm$ 6,47	167,50 $\pm$ 5,23	11,37 $\pm$ 2,08	47,25 $\pm$ 5,90
	<b>Extremo (n=7)</b>	14,43 $\pm$ 0,53	59,13 $\pm$ 7,46	167,50 $\pm$ 6,38	13,26 $\pm$ 1,60	51,27 $\pm$ 5,47
	<b>Delantero (n=3)</b>	14,33 $\pm$ 0,58	53,53 $\pm$ 7,54	161,33 $\pm$ 7,23	12,27 $\pm$ 1,05	47,58 $\pm$ 5,89
<b>GSOBC</b>	<b>Portero (n=4)</b>	14,75 $\pm$ 0,50	60,98 $\pm$ 6,29	171,91 $\pm$ 2,21	14,44 $\pm$ 3,08	52,21 $\pm$ 4,06
	<b>Defensa Central (n=5)</b>	15,00 $\pm$ 0,00	63,34 $\pm$ 13,94	176,20 $\pm$ 5,76	16,24 $\pm$ 6,93	52,88 $\pm$ 6,58
	<b>Laterales (n=6)</b>	14,83 $\pm$ 0,41	62,32 $\pm$ 6,56	172,63 $\pm$ 8,25	14,71 $\pm$ 2,86	54,14 $\pm$ 4,64
	<b>Centrocampista (n=10)</b>	15,00 $\pm$ 0,00	61,66 $\pm$ 5,81	170,41 $\pm$ 6,69	14,71 $\pm$ 4,02	53,03 $\pm$ 4,38
	<b>Extremo (n=8)</b>	14,38 $\pm$ 0,52	66,78 $\pm$ 11,72	174,21 $\pm$ 7,91	16,87 $\pm$ 4,42	56,38 $\pm$ 7,83
	<b>Delantero (n=4)</b>	15,00 $\pm$ 0,00	63,88 $\pm$ 14,91	170,00 $\pm$ 8,04	16,93 $\pm$ 7,13	52,65 $\pm$ 7,30
<b>JUVENILES</b>						
<b>GAUTJ</b>	<b>Portero (n= 3)</b>	17,00 $\pm$ 0,00	63,17 $\pm$ 4,65	170,33 $\pm$ 3,51	13,47 $\pm$ 1,36	55,21 $\pm$ 3,91
	<b>Defensa Central (n= 6)</b>	16,50 $\pm$ 0,55	70,12 $\pm$ 8,94	178,67 $\pm$ 5,91	14,92 $\pm$ 4,22	60,05 $\pm$ 7,07
	<b>Lateral (n= 6)</b>	16,67 $\pm$ 0,52	65,32 $\pm$ 10,16	176,38 $\pm$ 9,24	13,20 $\pm$ 3,14	56,44 $\pm$ 8,76
	<b>Centrocampista (n= 8)</b>	16,63 $\pm$ 0,52	72,16 $\pm$ 6,32	179,80 $\pm$ 6,44	13,90 $\pm$ 3,35	61,25 $\pm$ 5,35
	<b>Extremo (n= 7)</b>	17,00 $\pm$ 0,82	62,29 $\pm$ 5,49	173,64 $\pm$ 4,93	13,59 $\pm$ 3,03	53,76 $\pm$ 4,64
	<b>Delantero (n= 5)</b>	17,00 $\pm$ 0,71	62,48 $\pm$ 5,65	172,40 $\pm$ 6,64	11,99 $\pm$ 2,20	55,19 $\pm$ 4,93
<b>GSOBJ</b>	<b>Portero (n= 4)</b>	17,00 $\pm$ 0,82	68,32 $\pm$ 6,62	177,92 $\pm$ 7,79	12,90 $\pm$ 1,94	59,58 $\pm$ 5,85
	<b>Defensa Central (n= 6)</b>	17,17 $\pm$ 0,98	65,32 $\pm$ 3,76	171,62 $\pm$ 2,18	13,18 $\pm$ 2,67	57,70 $\pm$ 2,32
	<b>Laterales (n= 7)</b>	17,00 $\pm$ 0,58	63,21 $\pm$ 7,06	172,64 $\pm$ 6,80	13,23 $\pm$ 2,38	55,80 $\pm$ 5,47
	<b>Centrocampista (n= 8)</b>	17,13 $\pm$ 0,64	62,66 $\pm$ 8,67	172,06 $\pm$ 9,07	13,71 $\pm$ 1,48	54,74 $\pm$ 7,03
	<b>Extremo (n= 8)</b>	17,63 $\pm$ 0,52	69,51 $\pm$ 7,99	176,19 $\pm$ 5,17	15,05 $\pm$ 3,47	58,50 $\pm$ 5,37
	<b>Delantero (n= 5)</b>	17,60 $\pm$ 0,55	66,47 $\pm$ 4,55	176,92 $\pm$ 4,32	13,10 $\pm$ 1,58	58,60 $\pm$ 4,08

### 3.3. Diseño experimental

El estudio fue diseñado para determinar los efectos de dos programas de entrenamiento de fuerza (autocargas vs sobrecargas) en jugadores jóvenes de fútbol sobre el salto vertical CMJ, el VO<sub>2</sub>max y la composición corporal.

El tratamiento se integró dentro del microciclo normal de entrenamiento de la temporada 2018/2019, la cual, abarcó desde el 3 septiembre hasta el 30 de junio, coincidiendo con el periodo escolar. Durante el periodo de intervención, los jugadores siguieron participando en sus entrenamientos habituales de fútbol, además de jugar sus partidos de competición federada. La dinámica semanal de entrenamiento para cada categoría se refleja en las tablas 13 y 14.

**Tabla 13.** Microciclo categoría cadete

Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado/Domingo
<b>7:45 a 9:00</b>	DESCANSO	DESCANSO	ENT. FUERZA	*ENT. CITACIÓN	ENT. FUERZA	PARTIDO DE COMPETICIÓN
<b>15:30 a 16:45</b>	RECUPERACIÓN/ COMPENSATORIO	DESCANSO	ENT. TÉC- TÁC	ENT. TÉC- TÁC	ENT. TÉC- TÁC	

**Tabla 14.** Microciclo categoría juvenil

Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado/Domingo
<b>7:45 a 9:00</b>	DESCANSO	ENT. FUERZA	DESCANSO	ENT. FUERZA	*ENT. CITACIÓN	PARTIDO DE COMPETICIÓN
<b>16:45 a 18:00</b>	RECUPERACIÓN/ COMPENSATORIO	ENT. TÉC- TÁC	DESCANSO	ENT. TÉC- TÁC	ENT. TÉC- TÁC	

Con el fin de determinar los efectos del programa de entrenamiento, se seleccionaron los siguientes tests: (a) salto vertical CMJ, (b) 30-15 IFT para determinar el  $\text{VO}_2\text{max}$  y (c) análisis de bioimpedancia para la composición corporal.

Todos los tests fueron ejecutados antes del inicio del tratamiento (pre-test T1), después de 15 semanas (test intermedio T2) y a las 22 semanas (post-test T3). En total 37 semanas de intervención, realizando 2 días de entrenamiento de fuerza a la semana. En la tabla 15 se muestra el diseño experimental que se siguió a lo largo de la temporada 2018/2019. En el Anexo 2, se puede ver el cronograma durante el proceso de intervención.

Ambas dinámicas de entrenamiento de fuerza siguieron una estructura de circuito, ya que, el alto volumen de jugadores y el espacio disponible, hacían que de esta manera fuera más efectivo. Con este tipo de formato se demostró que los entrenamientos fueron muy versátiles, ya que pudieron ser adaptados a multitud de situaciones y diferentes poblaciones con diversos niveles de condición física (Carrasco-Martínez, Marín-Pagán, & Alcaraz-Ramón, 2019).



**Tabla 15.** Explicación del diseño experimental

Modelo de entrenamiento	Test 1	Tratamiento (15 semanas)	Test 2	Tratamiento (22 semanas)	Test 3
<b>Fuerza con autocarga</b>	Composición Corporal	Fase 1. Adaptación Neuromuscular	Composición Corporal	Fase 3. Transición de alta intensidad	Composición Corporal
	CMJ		CMJ		CMJ
	VO <sub>2</sub> max	Fase 2. Potenciación nivel I	VO <sub>2</sub> max	Fase 4. Potenciación nivel II	VO <sub>2</sub> max
Modelo de entrenamiento	Test 1	Tratamiento (15 semanas)	Test 2	Tratamiento (22 semanas)	Test 3
<b>Fuerza con sobrecarga</b>	Composición Corporal	Fase 1. Adaptación Neuromuscular	Composición Corporal	Fase 3. Alteración de patrones del movimiento	Composición Corporal
	CMJ		CMJ		CMJ
	VO <sub>2</sub> max	Fase 2. Potenciación nivel I	VO <sub>2</sub> max	Fase 4. Potenciación nivel II	VO <sub>2</sub> max
		Reajuste de cargas		Reajuste de cargas	

**Nota 1:** La composición corporal, fue evaluada de forma mensual a lo largo de toda la temporada.

**Nota 2:** El reajuste de cargas se refiere al control de los % de la repetición máxima (RM) para los ejercicios de sentadilla y press banca.

### 3.4. Variables objeto de estudio

Con respecto a la relación de las variables, se resaltan las definiciones de variable independiente y dependiente:

- **Variable Independiente:** Es aquella característica o propiedad que se supone ser la causa del fenómeno estudiado, es decir, es la variable que el investigador manipula.
- **Variable Dependiente:** La variable dependiente es el factor que es observado y medido para determinar el efecto de la variable independiente. Son los efectos o resultados del fenómeno que se intenta investigar.

Por lo tanto, se puede indicar que las variables independientes son los estímulos de entrenamiento de fuerza propuestos y las dependientes son las variables de rendimiento evaluadas.

Variables independientes en GAUT:

- Plancha frontal
- Plancha lateral
- Bird-Dog
- Ab Wheel
- Excéntrico lateral Fitball
- Pall of prees
- Flexo-Extensión Fitball
- Plancha lateral + Glúteo
- Torque monopodal con peso
- Trabajo de Estiramientos y Foam Roller
- Hombros goma elástica frontal y lateral
- Squat con pica
- Flexiones normales
- Puente Glúteos Bipodal
- Fondo Tríceps
- Elevación gemelos
- Bíceps con goma elástica
- Isométrico de cuádriceps
- Remo con goma
- Lunges estáticos
- Monster Walk
- Push Up declinados
- Sentadilla bipodal y unipodal con TRX
- Pecho con TRX
- Flexo-Extensión de isquiotibiales con TRX
- Tríceps con TRX
- Remo con TRX
- Cuádriceps/Isquios con tirante musculador
- Bíceps con TRX
- Nordic Hmastring

- Lanzamiento balón medicinal (4 kg) a pared
- Patada isquios con goma elástica
- Gesto golpeo en fitball
- Ida y vuelta + salto y remate de cabeza
- Ida y vuelta + golpes a miniportería
- Tracción hacia atrás con fitball
- Tracción lateral sobre fitball + conducción lateral
- Salto con perturbación con fitball
- Salida hacia atrás con goma y recepción unipodal
- Salidas laterales con goma
- Salidas frontales con cambios de dirección (COD) con gomas
- Acción de golpeo con gomas
- Salto + recepción frontal bipodal en banco
- Salto + recepción frontal unipodal en banco
- Salto + recepción lateral unipodal en banco
- Frecuencia de salto en vallas (3 alturas)
- L-Run
- Aceleraciones + frenadas + aceleraciones
- Aceleración + frenado frontal unipodal
- Aceleración + frenado bipodal lateral
- Aceleración de espalda + salida frontal
- Push Up con chaleco lastrado (10 kg)
- Sentadilla bipodal en TRX con chaleco lastrado (10 kg)
- Flexiones en cajón unilateral
- Salto unilateral y bipodal con TRX
- Remo unilateral con TRX
- Lunge con TRX
- Bíceps unilateral con TRX
- Flexo-Extensión de isquiotibiales con fitball
- Lanzamientos laterales de balón medicinal (4 kg)
- Puente unipodal
- Peso muerto con elástico

#### Variables independientes en GSOB:

- Plancha frontal
- Plancha lateral
- Bird-Dog
- Ab Wheel
- Excéntrico lateral Fitball
- Pall of prees
- Flexo-Extensión Fitball
- Plancha lateral + Glúteo
- Torque monopodal con peso
- Trabajo de Estiramientos y Foam Roller

- Press Banca
- Sentadilla en pórtico
- Bíceps barra
- Leg curl bipodal
- Tríceps polea
- Extensión de cadera
- Deltoide anterior 30°
- Adductor máquina
- Remo monomanual
- Glúteo medio máquina
- Press banca barra
- Sentadilla unipodal en pórtico
- Curl concéntrico
- Flexo-Extensión isquiotibial unipodal con fitball
- Tríceps transnuca mancuernas
- Hip Thrust
- Press Militar
- Excéntrico adductores con fitball
- Dominada asistida
- Glúteo medio máquina
- Push Up Bosu
- Sentadilla unipodal con fitball
- Bíceps polea
- Tríceps extensión monomanual polea
- Lunge en bosu
- Deltoide anterior con disco en bosu
- Lung lateral en bosu
- Remo con banco
- Plancha lateral en bosu
- Curl en banco Scott
- Leg Curl unipodal
- Fondo tríceps con disco
- Hip Thrust unipodal
- Prensa pierna

Variables dependientes comunes en ambas categorías:

- Altura del salto CMJ (cm).
- VO<sub>2</sub>max alcanzado en test de resistencia intermitente 30-15 IFT.
- Evolución de las variables de composición corporal (peso, altura, % graso y masa muscular).

### 3.5. Mediciones

#### 3.5.1. Test de salto vertical (CMJ)

En la prueba de salto, los jugadores fueron instruidos en la técnica de ejecución del CMJ previamente al test y se realizó después de un calentamiento de 10 minutos de duración basado en:

- Movilidad articular y muscular libre (3 min)
- Skipping (2x30 segundos)
- Talón Glúteo (2x30 segundos)
- Sentadillas con brazos extendidos (2x10 repeticiones)
- Saltos verticales continuos (6 saltos con la técnica de ejecución del CMJ).

Tras la finalización del calentamiento y el inicio de la prueba de evaluación pasaron 3 minutos. Se realizaron 3 saltos CMJ, con un tiempo de recuperación de 20 segundos entre saltos (Brocherie *et al.*, 2014) y una media de los tres saltos para su posterior análisis (Balsalobre-Fernández, Glaister, & Lockey, 2015; De Hoyo *et al.*, 2016). El CMJ se realizó con las manos en la cintura realizando un contramovimiento y saltando lo más alto posible y manteniendo los miembros inferiores extendidos durante toda la fase de vuelo (Balsalobre-Fernández, Nevado-Garrosa, Del Campo-Vecino, & Ganancias-Gómez, 2015). Se recomendó a los participantes que realizaran la recepción de cada salto en una posición vertical y que flexionaran las rodillas después del aterrizaje (Sáez de Villarreal, Suárez-Arrones, Requena, Haff, & Ferrete, 2015). La evaluación tuvo lugar entre una sala multiusos acondicionada y el campo de hierba artificial donde el equipo realizaba su entrenamiento, con la indumentaria habitual, el calzado que normalmente usaba el jugador y en el horario habitual de cada equipo. La variable altura del salto fue obtenidas mediante la plataforma de salto Chronojump-Boscosystem® (Barcelona, España) (De Blas, Padullés, López-del Amo, & Guerra-Balic, 2012; Pueo, Jiménez-Olmedo, Lipińska, Buško, & Penichet-Tomás, 2018), la cual, estuvo conectada a un ordenador portátil con sistema operativo Windows®. Las medidas se realizaron con Chronopic y se registraron con el software Chronojump versión 1.4.7.0 (García-Ramos & Peña-López, 2016).



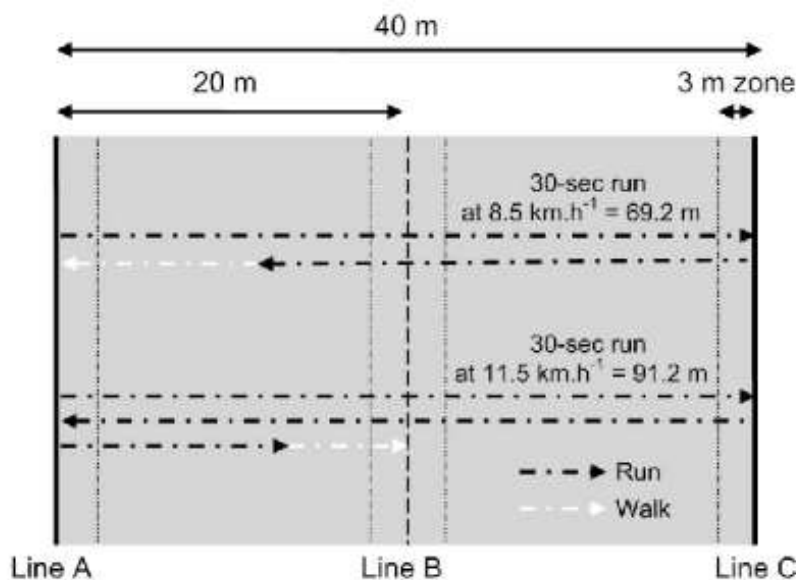
**Ilustración 21.** Evaluación CMJ con Chronojump-Boscosystem®.

### 3.5.2 El test de rendimiento intermitente 30-15 IFT

El test de rendimiento intermitente 30-15 IFT (Buchheit, 2008; 2010) consistió en desplazamientos de 30 segundos de duración intercalados con períodos de recuperación pasiva de 15 segundos. La velocidad inicial se estableció en 8 km.h<sup>-1</sup> durante la primera carrera de 30 s, y la velocidad se incrementó en 0.5 km/h cada etapa de 30 segundos. Los jugadores realizaron los desplazamientos entre dos líneas separadas 40 m, con un ritmo en forma de pitido pregrabado. Este pitido permitió a los jugadores ajustar su velocidad de carrera. Durante el período de recuperación de 15 s, los jugadores caminaron en dirección hacia la línea más cercana (ya sea en el medio o al final del área de carrera, dependiendo de dónde se detuvo la carrera anterior); esta línea es donde comenzaban la siguiente etapa de ejecución. Se estableció que el jugador debería abandonar el test cuando durante 3 veces consecutivas no llegara a la línea establecida al ritmo del sonido pregrabado. Si el jugador no podía soportar la velocidad establecida de carrera, debía levantar la mano para avisar del abandono y así poder tomar nota del estadio y la velocidad en el que se paró el jugador. Para la realización del test, se utilizó un archivo de audio original con la dinámica del test y un portátil con altavoces. Para el cálculo del VO<sub>2</sub>max se ha usó la siguiente fórmula (Buchheit, 2008; Van Winckel *et al.*, 2014):

$$VO_{2max} = 28.3 - (2.15 \times G) - (0.741 \times E) - (0.0357 \times P) + (0.0586 \times E \times vIFT) + (1.03 \times vIFT).$$

Variables: G: Género (1 hombre; 2 Mujer); E: Edad; P: Peso; vIFT: velocidad final alcanzada.



**Ilustración 22.** Esquema de preparación para el test 30-15IFT. Buchheit, (2008).



**Ilustración 23.** Evaluación de los jugadores durante el test 30-15 IFT.

### 3.5.3 Control de la composición corporal

Para el control de las variables de composición corporal (peso, % graso y masa muscular) se evaluó mediante el método de Bioimpedancia (BIA) con una Tanita® (modelo MC-980MA PLUS, Arlington Heights, Illinois). Para el control de la altura se ha utilizado un estadímetro de pared SECA® (modelo 206, Hamburgo, Alemania).

La toma de datos se realizó siempre en el mismo horario (7:45 am) y de forma mensual. En primer lugar, se procedió a controlar la altura (sin calzado) y posteriormente se introdujeron los datos de altura, edad y sexo en la Tanita®, dónde los jugadores se subieron descalzos y en ayunas (Falces-Prieto *et al.*, 2020).



**Ilustración 24.** Control de la composición corporal con Tanita® MC 980 MA.



**Ilustración 25.** Control de la altura con el estadímetro de pared modelo SECA®.

#### **3.5.4 Evaluación de la repetición máxima (RM)**

Para la evaluación de la RM y la posterior programación del entrenamiento con dichos valores, se utilizó un encoder lineal (transductor de velocidad lineal) (Chronojump Bosco-System®, Barcelona, España). Esta herramienta es de uso habitual en la medición y control de entrenamientos con cargas adicionales (Gómez-Piriz, Trigo-Sánchez, Cabello-Manrique, & Puga-González, 2012). Recientemente se ha utilizado para: 1, establecer la importancia de los parámetros cinemáticos en la medición de la cualidad fuerza y la estimación de los mismos durante la fase propulsiva del movimiento a diferentes intensidades de 1 RM (Sánchez-Medina, Pérez, & González-Badillo, 2010) y 2, para estimaciones de la intensidad de carga mediante la velocidad de movimiento en el ejercicio press banca (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010) y sentadilla (Illera-Domínguez *et al.*, 2018).





**Ilustración 26.** Evaluación de la RM con encoder lineal Chronojump Bosco-System®.

### 3.4. Procedimiento y tratamiento

#### 3.4.1. Procedimiento

Todas las sesiones fueron supervisadas rigurosamente por el investigador y su grupo de trabajo. Para indicar el nivel de experiencia de los evaluadores se tuvo en cuenta su nivel de formación académica (licenciados/graduados en ciencias del deporte, máster en preparación física y readaptación de lesiones, máster en alto rendimiento deportivo y publicaciones científicas), además de experiencia práctica en el ámbito del fútbol (+ de 5 años dedicados al entrenamiento en fútbol).

Para la programación del entrenamiento se tuvieron en cuenta las consignas propuestas por Peña, Heredia, Lloret, Martín, & Da Silva-Grigoletto, (2016):

- La recomendación general para los niños y adolescentes que se inician en el entrenamiento de fuerza es de 2-3 sesiones a la semana en días no consecutivos. De esta forma se permite una recuperación adecuada entre sesiones a la vez que será una frecuencia eficaz para mejorar la fuerza.
- Según el nivel de intensidad del ejercicio y la experiencia, se pueden completar de manera satisfactoria 3-4 series por ejercicio.

- Respecto del número de ejercicios por sesión de entrenamiento y considerando que deberá haber un reparto equilibrado para todo el cuerpo, se recomienda hacer de 3-8 ejercicios por sesión.
- Cuando el entrenamiento se hace en función al % 1RM, el umbral mínimo para conseguir efectos en niños y adolescentes está alrededor del 50% de la 1RM.
- Aquellos jóvenes más desentrenados o que se inician en el entrenamiento de fuerza con sobrecargas, deben utilizar resistencias próximas al 60 % de la RM, mientras que a medida que acumulen experiencia y ejecución técnica, podrán incrementar lentamente la intensidad llegando a usar resistencias del 70-85% de 1RM.
- Para ejercicios tradicionales multiarticulares y monoarticulares (squat, press banca, curl bíceps, etc.), se recomienda hacer entre 6-15 repeticiones.
- Una vez el sujeto muestre buen control y ejecución de los ejercicios, se deberá promover que la intencionalidad sea realizar cada repetición tan rápido como sea posible, para aumentar las adaptaciones neuromusculares (incremento del reclutamiento, sincronización y frecuencias de descarga de unidades motrices).
- Un minuto aproximadamente de recuperación entre series podría ser suficientes. No obstante, se deberá incrementar dicho periodo de recuperación más allá de los 2-3 min a medida que la intensidad del entrenamiento se incremente.

Tanto en la categoría cadete como en la categoría juvenil, los entrenamientos de fuerza estuvieron separados por 48 h entre ellos. Con respecto a los entrenamientos técnico-tácticos realizados el mismo día, estos estuvieron separados por 6 h y 30 min en categoría cadete y por 7 h y 45 min, en categoría juvenil, con respecto al entrenamiento de fuerza.

El GAUT realizó trabajo de fuerza con autocargas. Esta metodología ha sido un método válido para producir cambios a nivel neuromuscular y la modificación de composición corporal en jugadores jóvenes de fútbol (Falces-Prieto *et al.*, 2020). Al igual que en el estudio de Sáez de Villarreal *et al.*, (2015), este programa consistió en ejercicios realizados a la máxima intensidad voluntaria usando el peso corporal del jugador o peso corporal más resistencias ligeras. Según el ejercicio a realizar, se pautaron series (4) y repeticiones establecidas (x12x10x8x8) según momento de la temporada y siempre con velocidad de ejecución máxima.



**Ilustración 27.** Imágenes de entrenamiento GAUT.

El GSOB realizó trabajo de fuerza en gimnasio con sobrecargas, dónde según el ejercicio a realizar, se pautaron series (4) y repeticiones establecidas (x15x12x10x8x8) según momento de la temporada y siempre con velocidad de ejecución máxima. Las sobrecargas externas para el ejercicio de sentadilla y press banca, estuvieron comprendidas entre el 50-80% de la 1RM. Se tuvo en cuenta el peso de la barra del gimnasio para la programación de cargas en estos ejercicios. Al no ser olímpica, tenía un peso de 11 kg. Con respecto al resto de ejercicios con sobrecarga, los jugadores utilizaron peso libre mediante el cual pudieran completar las series y repeticiones pautadas y con la técnica de ejecución correcta.



**Ilustración 28.** Imágenes de entrenamiento GSOB.

El primer día de la temporada oficial en la academia (lunes 3 de septiembre), se procedió a la explicación colectiva de las dinámicas de entrenamiento que se iba a llevar durante la temporada, además de entregar los consentimientos informados a cada jugador.

Durante la primera semana (martes, miércoles y jueves), se procedió a realizar la evaluación inicial de los jugadores: composición corporal, salto CMJ y  $VO_2\text{max}$  respectivamente. La mañana del martes, además se utilizó para evaluar a los jugadores la RM en sala en horario de 09:00 a 11:00 para categoría cadete y 11:00 a 13:00 para categoría juvenil. De esta manera se pudieron programar sus trabajos de fuerza en sentadilla y press banca.

Tanto para el test de salto, como para el test de  $VO_2\text{max}$ , los grupos estuvieron divididos en dos. En primer lugar, la categoría cadete a las 15:30 a 16:45 de la tarde y la categoría juvenil de 16:45 a 18:00, los días miércoles y jueves respectivamente. Para el test de salto, los 4 preparadores físicos estaban con una plataforma de salto individual, por lo que la



evaluación resultó fluida y sin tiempos de espera excesivamente largos. En la evaluación del VO<sub>2</sub>max, igualmente estaban presente los 4 preparadores físicos, de forma que no existió problemas a la hora de controlar la evolución del test y de los jugadores. El orden de ejecución de los test fue el mismo para todos los grupos y siguiendo exactamente los mismos protocolos y horarios. El control de los parámetros de la composición corporal, se realizó durante toda la temporada en el día central de la segunda semana de cada mes, aunque para la investigación sólo se tuvieron en cuenta los datos de composición corporal de los días de evaluación.

El protocolo en la ejecución de los ejercicios se controló debidamente en el momento de la realización de los mismos. Todos los jugadores realizaron los test en las mismas condiciones y con las mismas indicaciones, así que en este caso no existieron variables situacionales.

El test intermedio 2 se realizó después 15 semanas (Fase I y II) en el mes de enero y el post-test 3 después de 22 semanas (Fase III y IV) en el mes de junio. Los momentos de la temporada en los que no realizó entrenamiento debido a festivos, fueron el periodo de navidad y semana santa. En total pasaron 37 semanas de entrenamiento de fuerza entre el test inicial y el test final. Es importante destacar que se repitió la programación de los horarios y que los sujetos volvieron a realizar el test final en la misma franja horaria que en el test inicial.

### **3.4.2. Tratamiento**

Los grupos de entrenamiento GAUT y GSOB, tuvieron una frecuencia de 4 sesiones por semana de entrenamiento de fútbol, 2 días de entrenamiento de fuerza, más partido de competición el fin de semana. Teniendo en cuenta que durante la temporada no se tuvo una disponibilidad total para poder evaluar según las necesidades, debimos de adaptarnos al contexto competitivo. Por ello, para cada grupo se pautaron 4 fases de entrenamiento, de las cuáles la Fase I y Fase II, se realizaron de forma conjunta. Al igual ocurrió con la Fase III y Fase IV. El tratamiento se realizó durante 37 semanas.

Todas las sesiones comenzaron con activación del core (Anexo 3) y una parte final de estiramientos (Anexo 4).

Entrenamiento de fuerza con autocarga (Anexo 5)

- Fase 1: Adaptación neuromuscular (8 semanas)
- Fase 2: Potenciación nivel I (7 semanas)
- Fase 3: Transición de alta intensidad (13 semanas)
- Fase 4: Potenciación nivel II (9 semanas)

Entrenamiento de fuerza con sobrecarga (Anexo 6)

- Fase 1: Adaptación neuromuscular (8 semanas)
- Fase 2: Potenciación nivel I (7 semanas)
- Fase 3: Alteración de patrones de movimiento (13 semanas)
- Fase 4: Potenciación nivel II (9 semanas)

La planificación del entrenamiento de fuerza fue llevada a cabo por el investigador siendo la misma para todo el grupo teniendo en cuenta las características de los sujetos. Se llevaron a cabo un total de 74 sesiones de entrenamiento específico de fuerza repartidas entre las 37 semanas de tratamiento.

El volumen total del entrenamiento (series y nº de repeticiones), el tipo de tratamiento, la intensidad y la carga de trabajo se presentan a continuación, en las tablas 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 y 25.

**Tabla 16.** Trabajo de activación de CORE (común en ambas modalidades).

Ejercicios	Series/Repeticiones
Plancha frontal	
Plancha lateral	
Bird-Dog	2 series
Ab Wheel	10 repeticiones
Excéntrico lateral Fitball	15 segundos (´´) de trabajo
Pall of prees	15 ´´ de descanso
Flexo-Extensión Fitball	
Plancha lateral + Glúteo	
Torque monopodal con peso	

**Tabla 17.** Trabajo de estiramiento y Foam Roller (común en ambas modalidades)

Ejercicios	Series/Repeticiones
<b>Estiramientos</b>	
Pectoral	
Bíceps	
Tríceps	2 series
Deltoide	4 repeticiones
Cuádriceps	10-15 ´´ de estiramiento
Isquiosurales	
Adductores	
Psoas	
Glúteos	
<b>Foam Roller</b>	
Cuádriceps	
Isquiosurales	2 series
Gemelos	4 repeticiones
Tensor Fascia Lata	45´´ de trabajo
Adductores	15´´ de descanso
Glúteos	

**Tabla 18.** Fase 1 Adaptación Neuromuscular. Entrenamiento de fuerza con autocarga.

<i>Semanas</i>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>		<b>7</b>		<b>8</b>	
<i>Ejercicios/Sesiones</i>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S7</b>	<b>S8</b>	<b>S9</b>	<b>S10</b>	<b>S11</b>	<b>S12</b>	<b>S13</b>	<b>S14</b>	<b>S15</b>	<b>S16</b>
<b>Día 1 Tren Superior – Día 2 Tren Inferior</b>																
Hombros goma elástica frontal	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12	
Hombros goma elástica lateral	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12	
Flexiones normales	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Fondo tríceps	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Bíceps goma elástica	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Remo con goma	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12	
Squat con pica		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12
Puente Glúteos bipodal		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
Elevación gemelos		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12
Isométrico cuádriceps		4x30''		4x30''		4x30''		4x30''		4x30''		4x30''		4x30''		4x30''
Lunges estáticos		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12
Monster Walk		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
<b>Nota:</b> '' (segundos); 4X12 (series x repeticiones)																

**Tabla 19.** Fase 2. Potenciación nivel 1. Entrenamiento de fuerza con autocarga.

<i>Semanas</i>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>		<b>7</b>	
<i>Ejercicios/Sesiones</i>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S7</b>	<b>S8</b>	<b>S9</b>	<b>S10</b>	<b>S11</b>	<b>S12</b>	<b>S13</b>	<b>S14</b>
<b>Día 1 Tren Superior – Día 2 Tren Inferior</b>														
Push Up Declinados	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12	
Pecho TRX	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12	
Tríceps TRX	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Remo TRX	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Bíceps TRX	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Lanz. Balón Med. (4 kg)	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Sentadilla bipodal TRX		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
Sentadilla unipodal TRX		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
Flexo-Ext Isquios TRX		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
Cuádriceps Tirante Mus.		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12
Isquios Tirante Mus.		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
Nordic Hamstring		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
Patada Isquio goma elást.		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8



**Tabla 20.** Fase 3 Transición de alta intensidad. Entrenamiento de fuerza con autocarga

<i>Semanas</i>	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
<i>Ejercicios/Sesiones</i>	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Trabajo Funcional														
Golpeo Fitball	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x8		4x8	
Ida y Vuelta (8 m) + Golpeo	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Tracción Lateral (15´´) + Conducción (5 m)	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12	
Ida y Vuelta (8 m) + Salto + Remate	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Tracción atrás Fitball (20´´)	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12	
Salto con perturbación	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Salida atrás (3 m) + recepción unipodal gomas		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
Salidas laterales (3 m) con gomas		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
Salidas frontales (4 m) con COD gomas		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
Acción de golpeo con goma		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
Pliometría + Aceleraciones/Desaceleraciones + COD														
<i>Semanas</i>	S8	S9	S10	S11	S12	S13								
<i>Ejercicios/Sesiones</i>	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26		
Salto y recepción bipodal en banco (40 cm)	4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10			
Salto y recepción unipodal frontal banco	4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10			
Salto y recepción unipodal lateral banco	4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10			
Frecuencia salto en vallas (15, 20 y 35 cm)	4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10			
L-Run (5 m entre conos)		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		
Acel+Desacel+Acel (tramos 10 m)		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		
Aceleración (8 m) + frenada unipodal frontal		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		
Aceleración (8 m) + frenada lateral		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		
Acel. de espalda + Acel. Frontal (8 m)		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		
Nota: ´´ (segundos); m (metros); cm (centímetros); COD (cambio de dirección)														

**Tabla 21.** Fase 4 Potenciación nivel 2. Entrenamiento de fuerza con autocarga.

<i>Semanas</i>	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
<i>Ejercicios/Sesiones</i>	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Día 1 Tren Superior – Día 2 Tren inferior														
Push Up + Chaleco (10 kg)	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12	
Flexiones en cajón (15 cm)	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Remo unilateral TRX	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Bíceps unilateral TRX	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Lanzamiento lateral balón medicinal (4 kg)	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12	
Sentadilla bipodal TRX + Chaleco (10 kg)		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12
Salto unipodal TRX		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12
Salto bipodal TRX		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
Lunge TRX		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
Flexo-extensión isquios con fitball		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
Puente unipodal		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
Peso muerto con pica y goma		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12
<i>Semanas</i>	S8		S9											
<i>Ejercicios/Sesiones</i>	S15	S16	S17	S18										
Push Up + Chaleco (10 kg)	4x10		4x10											
Flexiones en cajón (15 cm)	4x8		4x8											
Remo unilateral TRX	4x8		4x8											
Bíceps unilateral TRX	4x8		4x8											
Lanzamiento lateral balón medicinal (4 kg)		4x12		4x12										
Sentadilla bipodal TRX + Chaleco (10 kg)		4x10		4x10										
Salto unipodal TRX		4x8		4x8										
Salto bipodal TRX		4x8		4x8										
Flexo-extensión isquios con fitball		4x8		4x8										
Puente unipodal		4x10		4x10										
Peso muerto con pica y goma		4x10		4x10										
Nota: Kg (kilos); cm (centímetros);														

**Tabla 22.** Fase 1 Adaptación Neuromuscular. Entrenamiento de fuerza con sobrecarga.

<i>Semanas</i>	<b>S1</b>		<b>S2</b>		<b>S3</b>		<b>S4</b>		<b>S5</b>		<b>S6</b>		<b>S7</b>		<b>S8</b>	
<i>Ejercicios/Sesiones</i>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S7</b>	<b>S8</b>	<b>S9</b>	<b>S10</b>	<b>S11</b>	<b>S12</b>	<b>S13</b>	<b>S14</b>	<b>S15</b>	<b>S16</b>
<b>Día 1 Tren Superior – Día 2 Tren inferior</b>																
Press Banca	4x15 (SB)		4x15 (SB)		4x15 50%RM		4x15 50%RM		4x15 50%RM		4x15 55%RM		4x15 55%RM		4x15 55%RM	
Bíceps Barra	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x8		4x8		4x8	
Tríceps Polea	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x10		4x10	
Deltoide anterior 30°	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Remo monomanual	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Sentadilla		4x15 (SB)		4x15 (SB)		4x15 50%RM		4x15 50%RM		4x15 50%RM		4x15 55%RM		4x15 55%RM		4x15 55%RM
Leg Curl		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x8		4x8		4x8
Extensión Cadera		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
Adductor máquina		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
Glúteo medio máquina		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
<b>Nota:</b> SB (sólo barra, 11 kg); RM (Repetición Máxima)																

**Tabla 23.** Fase 2 Potenciación nivel 1. Entrenamiento de fuerza con sobrecarga.

<i>Semanas</i> <i>Ejercicios/Sesiones</i>	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7	
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Día 1 Tren Superior – Día 2 Tren inferior														
Press banca	4x15 55%RM		4x15 60%RM		4x15 60%RM		4x15 60%RM		4x15 60%RM		4x12 65%RM		4x12 65% RM	
Curl concéntrico	4x12		4x12		4x12		4x10		4x10		4x10		4x10	
Tríceps transnuca mancuerna	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Press militar	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Dominada asistida	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Sentadilla unipodal		4x15 55%RM		4x15 60%RM		4x15 60%RM		4x15 60%RM		4x15 60%RM		4x12 65%RM		4x12 65%RM
Flexo-extensión fitball unipodal		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12
Hip Thrust		4x12		4x12		4x12		4x10		4x10		4x10		4x10
Excéntrico adductor fitball		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12
Glúteo medio máquina		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
Nota: RM (Repetición Máxima)														

**Tabla 24.** Fase 3 Alteración patrones de movimiento. Entrenamiento de fuerza con sobrecarga.

<i>Semanas</i> <i>Ejercicios/Sesiones</i>	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14					
Día 1 Tren Superior – Día 2 Tren inferior																			
Push Up Bossu	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12						
Bíceps Polea	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8						
Tríceps extensión polea monomanual	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12						
Deltoide anterior + disco (10 kg)	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8						
Remo Banco	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12						
Sentadilla unipodal fitball	4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8						
Lunge bossu		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8					
Lunge lateral bossu		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8					
Plancha lateral bossu	4x20''		4x20''		4x20''		4x20''		4x20''		4x20''		4x20''						
<i>Semanas</i> <i>Ejercicios/Sesiones</i>	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26
Push Up Bossu	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12
Bíceps Polea	4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10
Tríceps extensión polea monomanual	4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10
Deltoide anterior + disco (10 kg)	4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10		4x8		4x10
Remo Banco		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Sentadilla unipodal fitball		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Lunge bossu		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8	
Lunge lateral bossu		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Plancha lateral bossu	4x20''		4x20''		4x20''		4x20''		4x20''		4x20''		4x20''		4x20''		4x20''		4x20''
Nota: ''(segundos); Kg (Kilos).																			

**Tabla 25.** Fase 4 Potenciación nivel 2. Entrenamiento de fuerza con sobrecarga.

<i>Semanas</i> <i>Ejercicios/Sesiones</i>	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Día 1 Tren Superior – Día 2 Tren inferior														
Press banca	4x12 65%RM		4x12 65%RM		4x10 70%RM		4x10 70%RM		4x10 70%RM		4x8 75%RM		4x8 75%RM	
Curl banco scott	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Fondos + discos (10 kg)	4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12		4x12	
Press militar	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Dominadas asistidas	4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10	
Sentadilla unipodal		4x12 65%RM		4x12 65%RM		4x10 70%RM		4x10 70%RM		4x10 70%RM		4x8 75%RM		4x8 75%RM
Leg curl unipodal		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
Hip Thrust unipodal		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8		4x8
Prensa piernas		4x12		4x12		4x12		4x12		4x10		4x10		4x10
Glúteo medio máquina		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10		4x10
<i>Semanas</i> <i>Ejercicios/Sesiones</i>	S8	S16	S17	S18										
Press banca	4x6 80%RM		4x6 80%RM											
Curl banco scott	4x12		4x12											
Fondos + discos (10 kg)	4x12		4x12											
Press militar	4x10		4x10											
Dominadas asistidas	4x8		4x8											
Sentadilla unipodal		4x6 80%RM		4x6 80%RM										
Leg curl unipodal		4x10		4x10										
Hip Thrust unipodal		4x10		4x10										
Prensa piernas		4x10		4x8										
Glúteo medio máquina		4x10		4x10										
Nota: RM (Repetición Máxima); Kg (Kilos)														

### 3.5. Análisis estadístico

Para el registro de datos se usó el programa Excel® (Microsoft Office®, versión de 2016). Para el análisis de los datos estadísticos se usó el programa SPSS® (IBM Statistical Package for the Social Sciences, versión 24.0, EEUU).

Se realizaron análisis estadísticos descriptivos (media  $\pm$  desviación estándar, DE) para las diferentes variables. La distribución de cada variable se analizó con la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. La muestra presentó normalidad, por lo que se realizó la prueba paramétrica T-Student de muestras relacionadas. Los efectos relacionados con el entrenamiento y las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante un MANOVA con el contraste F de Snedecor. Cuando se alcanzó un F-valor significativo, se realizaron procedimientos post hoc de Bonferroni para localizar las diferencias por pares entre las medias. Los tamaños del efecto (TE) también se calcularon utilizando la d de Cohen ( $[\text{media posttest} - \text{media pretest}] / \text{pretest DE}$ ) (Cohen, 1988). También se calculó el % de cambio ( $[(\text{Promedio Post-Promedio Pre}) / \text{Promedio Pre}] * 100$ ). La escala utilizada para la interpretación fue la propuesta por Rhea (2004), que es específica para la investigación de entrenamiento de fuerza y el nivel de entrenamiento de los sujetos para valorar la magnitud relativa de un TE. Las magnitudes de los TE se consideraron trivial ( $<0.35$ ), pequeño (0.35-0.80), moderada (0.80 a 1.50) o grandes ( $> 1.5$ ). Se calculó el intervalo de confianza del 95% (IC) para el tamaño del efecto. La significación estadística fue aceptada a un nivel  $\alpha$  de  $p \leq 0.05$ .

### 3.6. Bibliografía

1. Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579.
2. Balsalobre-Fernández, C., Nevado-Garrosa, F., Del Campo-Vecino, J., & Ganancias-Gómez, P. (2015). Repetición de esprints y salto vertical en jugadores jóvenes de baloncesto y fútbol de élite. *Apunts. Educacion Fisica y Deportes*, (120), 52–57.
3. Brocherie, F., Girard, O., Forchino, F., Al Haddad, H., Dos Santos, G. A., & Millet, G. P. (2014). Relationships between anthropometric measures and athletic performance, with special reference to repeated-sprint ability, in the Qatar national soccer team. *Journal of Sports Sciences*, 32(13), 1243–1254.
4. Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 365-374.
5. Buchheit, M. (2010). The 30–15 intermittent fitness test: 10-year review. *Myorobie Journal*, 1(9), 1-9.
6. Carrasco-Martínez, A. J., Marín-Pagán, C., & Alcaraz-Ramón, P. E. (2019). Efectos de la frecuencia de entrenamiento en circuito de alta intensidad sobre la fuerza isocinética y la composición corporal en sujetos no entrenados. *Cultura, ciencia y deporte: revista de ciencias de la actividad física y del deporte de la Universidad Católica de San Antonio*, (14), 125-138.
7. Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed). *Psychology Press* (New York, USA). ISBN 9780805802832.

8. De Blas, X., Padullés, J. M., López-del Amo, J. L., & Guerra-Balic, M. (2012). Creation and Validation of Chronojump-Boscosystem: A Free Tool to Measure Vertical Jumps. (Creación y validación de Chronojump-Boscosystem: un instrumento libre para la medición de saltos verticales). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 8(30), 334–356.
9. De Hoyo, M., Gonzalo-Skok, O., Sañudo, B., Carrascal, C., Plaza-Armas, J. R., Camacho-Candil, F., & Otero-Esquina, C. (2016). Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training, and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 368-377.
10. Falces-Prieto, M., González-Fernández, F.T., Baena-Morales, S., Benítez-Jiménez, A., Martín-Barrero, A., Conde-Fernández, L., Suárez-Arrones, L., & Sáez de Villarreal, E. (2020). Effects of a strength training program with self-loading on countermovement jump performance and body composition in young soccer players. *Journal of Sport and Health Research*, 12(1), 112-125.
11. García-Ramos, F., & Peña-López, J. (2016). Efectos de 8 Semanas de Entrenamiento Pliométrico y Entrenamiento Resistido Mediante Trineo en el Rendimiento de Salto Vertical y Esprint en Futbolistas Amateurs. *Kronos*, 15(2), 1–10.
12. Gómez-Piriz, P. T., Trigo-Sánchez, M. E., Cabello-Manrique, D., & Puga-González, E. (2012). Confiabilidad entre instrumentos (T-Force® y Myotest®) en la valoración de la fuerza. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 8(27), 20-30.
13. González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 347-352.
14. Illera-Domínguez, V., Nuell, S., Carmona, G., Padullés, J. M., Padullés, X., Lloret, M., & Cadefau, J. A. (2018). Early Functional and Morphological Muscle Adaptations During Short-Term Inertial-Squat Training. *Frontiers in Physiology*, 9, 1265.
15. Peña, G., Heredia, J. R., Lloret, C., Martín, M., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2016). Iniciación al entrenamiento de fuerza en edades tempranas: revisión. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(1), 41-49.
16. Pueo, B., Jiménez-Olmedo, J. M., Lipińska, P., Buško, K., & Penichet-Tomás, A. (2018). Concurrent validity and reliability of proprietary and open-source jump mat systems for the assessment of vertical jumps in sport sciences. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 20(3), 51-57.
17. Rhea, MR. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 918–920.
18. Sáez de Villarreal, E., Suárez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., & Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1894-1903.



19. Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., & González-Badillo, J. J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(02), 123-129.
20. Van Winckel, J., Helsen, W., McMillan, K., Tenney, D., Meert, JP., & Bradley, P. (2014). Fitness in soccer. The science and practical application. *Editorial Moveo Ergo Sum*.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

#### **4. Resultados**

Al inicio del estudio, no se observaron diferencias significativas entre grupos y tratamientos en ninguna de las variables evaluadas (CMJ, VO<sub>2</sub>max y composición corporal), por lo que el grupo presentó homogeneidad desde el inicio de la investigación.

En la tabla 26 se presentan las diferencias generales entre tratamientos (autocargas [GAUT] vs sobrecargas [GSOB]) en cadetes y juveniles durante las 3 evaluaciones y los 3 ciclos de tratamientos (15, 22 y 37 semanas).

##### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

El salto CMJ mejoró significativamente en grupo GAUT tanto después de 15 semanas, como después de 22 semanas de tratamiento ( $p<0.004$ ; TE: 0.55;  $p<0.005$ ; TE: 0.60), respectivamente. Por el contrario, el GSOB no demostró mejoras significativas después de 15 y 22 semanas. Aunque ambos tratamientos demostraron ser efectivos después de 37 semanas tanto en grupo GAUT ( $p<0.032$ ; TE: 1.14), como en grupo GSOB ( $p<0.001$ ; TE: 1.29), el tratamiento GAUT presentó un % de cambio ligeramente mayor con respecto al GSOB (17.54 % vs 16.54 %).

##### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

El VO<sub>2</sub>max mejoró significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUT ( $p<0.001$ ; TE: 0.55;  $p<0.001$ ; TE: 0.74;  $p<0.001$ ; TE: 1.23), como en grupo GSOB ( $p<0.001$ ; TE: 0.50;  $p<0.001$ ; TE: 0.63;  $p<0.001$ ; TE: 1.10), respectivamente. Aunque ambos tratamientos demostraron ser efectivos, el tratamiento GAUT presentó un % de cambio mayor con respecto al GSOB (7.58 % vs 6.69 %).

##### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).**

###### ***Peso.***

Sólo el tratamiento GAUT generó un aumento significativo del peso tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento ( $p<0.001$ ; TE: 0.25;  $p<0.001$ ; TE: 0.03;  $p<0.001$ ; TE: 0.28), respectivamente.

###### ***Altura.***

Aunque con ambos tratamientos se produjeron aumentos en la variable altura, sólo el tratamiento GAUT generó un aumento significativo tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento ( $p<0.001$ ; TE: 0.14;  $p<0.002$ ; TE: 0.17;  $p<0.004$ ; TE: 0.30), respectivamente.

###### ***% graso.***

Sólo el tratamiento GSOB demostró ser más efectivo para la reducción del % graso tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento ( $p<0.015$ ; TE:-0.23;  $p<0.012$ ; TE:-0.39;  $p<0.005$ ; TE:-0.57), respectivamente.

***Masa muscular.***

Hubo un aumento de masa muscular significativo en el grupo GAUT tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento ( $p < 0.001$ ; TE: 0.31;  $p < 0.001$ ; TE: 0.26;  $p < 0.001$ ; TE: 0.57), respectivamente. Por el contrario, en el GSOB sólo se dieron aumentos significativos tras los tratamientos de 15 y 37 semanas ( $p < 0.015$ ; TE: 0.27;  $p < 0.049$ ; TE: 0.52), respectivamente. Aunque ambos tratamientos demostraron ser efectivos después de 37 semanas, el tratamiento GAUT presentó un % de cambio mayor con respecto al GSOB (6.72 % vs 5.53 %).

**Tabla 26.** Diferencias generales entre tratamientos (autocargas vs sobrecargas) en cadetes y juveniles. Se presentan promedios y desviación estándar (Prom  $\pm$  DE).

Tratamiento autocarga en cadetes y juveniles GAUT (n= 69)													
Variables	Pre	Post1	Post2	% cambio Pre-Post1	% cambio Post1-Post2	% cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>	<i>P</i>
CMJ (cm)	30,95 $\pm$ 4,78	33,59 $\pm$ 4,69	36,38 $\pm$ 4,48	8,53	8,30	17,54	0,55	0,004*	0,60	0,005*	1,14	0,032*	
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	48,42 $\pm$ 2,99	50,073 $\pm$ 2,72	52,09 $\pm$ 2,74	3,41	4,03	7,58	0,55	0,001*	0,74	0,001*	1,23	0,001*	
Peso (Kg)	62,69 $\pm$ 9,12	64,99 $\pm$ 8,41	65,25 $\pm$ 8,03	3,67	0,40	4,09	0,25	0,001*	0,03	0,001*	0,28	0,001*	
Altura (cm)	172,54 $\pm$ 7,18	173,52 $\pm$ 6,86	174,69 $\pm$ 6,65	0,57	0,67	1,25	0,14	0,001*	0,17	0,002*	0,30	0,004*	CMJ
%Graso	14,13 $\pm$ 3,48	13,46 $\pm$ 2,95	12,29 $\pm$ 2,67	-4,74	-8,65	-12,98	-0,19	0,41	-0,39	0,21	-0,53	0,10	VO <sub>2</sub> max
Masa Muscular (Kg)	53,84 $\pm$ 6,38	55,84 $\pm$ 6,13	57,46 $\pm$ 6,00	3,72	2,90	6,72	0,31	0,001*	0,26	0,001*	0,57	0,001*	Peso
Tratamiento sobrecargas en cadetes y juveniles GSOB (n= 75)													
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre- Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>	<i>P</i>
CMJ (cm)	31,73 $\pm$ 4,08	34,59 $\pm$ 4,07	36,98 $\pm$ 3,89	8,99	6,93	16,54	0,70	0,08	0,59	0,11	1,29	0,001*	Altura
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	49,16 $\pm$ 3,00	50,67 $\pm$ 2,84	52,45 $\pm$ 2,93	3,06	3,52	6,69	0,50	0,001*	0,63	0,001*	1,10	0,001*	%Graso
Peso (Kg)	65,14 $\pm$ 8,21	67,15 $\pm$ 7,80	67,061 $\pm$ 7,72	3,08	-0,14	2,94	0,24	0,23	-0,01	0,17	0,23	0,21	Masa Muscular
Altura (cm)	174,18 $\pm$ 6,69	174,85 $\pm$ 6,73	175,61 $\pm$ 6,52	0,39	0,44	0,83	0,10	0,42	0,11	0,65	0,21	0,35	
%Graso	14,30 $\pm$ 3,53	13,48 $\pm$ 3,04	12,30 $\pm$ 2,68	-5,74	-8,70	-13,94	-0,23	0,015*	-0,39	0,012*	-0,57	0,005*	
Masa Muscular (Kg)	56,09 $\pm$ 5,98	57,72 $\pm$ 5,83	59,20 $\pm$ 5,87	2,89	2,56	5,53	0,27	0,015*	0,25	0,06	0,52	0,049*	

**Nota:** GAUT (grupo autocarga); GSOB (grupo sobrecarga); CMJ (cm: centímetros): Salto con contramovimiento; VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) consumo máximo de oxígeno; Kg (kilos); % cambio entre pre vs post; TE: Tamaño del Efecto. P (nivel de significación p<0.05\*).

En la tabla 27 se presentan las diferencias entre tratamientos dentro de cada categoría.

### **CATEGORÍA CADETE**

#### **Salto con contra movimiento (CMJ).**

El salto CMJ mejoró significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.42;  $p<0.001$ ; TE: 0.46;  $p<0.001$ ; TE: 0.87), como en grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: 1.18;  $p<0.001$ ; TE: 0.58;  $p<0.001$ ; TE: 1.81), respectivamente. Aunque ambos tratamientos demostraron ser efectivos tras 37 semanas de tratamiento, el grupo GSOBC presentó un % de cambio mayor con respecto al GAUTC (22.32 % vs 16.02 %).

#### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

El VO<sub>2</sub>max mejoró significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.70;  $p<0.001$ ; TE: 0.48;  $p<0.001$ ; TE: 1.12), como en grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: 0.64;  $p<0.001$ ; TE: 0.63;  $p<0.001$ ; TE: 1.39), respectivamente. Aunque ambos tratamientos demostraron ser efectivos tras 37 semanas de tratamiento, el grupo GSOBC presentó un % de cambio ligeramente mayor con respecto al GAUTC (6.77 % vs 6.62 %).

#### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular)**

##### ***Peso.***

El peso aumentó significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.37;  $p<0.001$ ; TE: 0.12;  $p<0.001$ ; TE: 0.48), como en grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: 0.25;  $p<0.008$ ; TE: 0.16;  $p<0.001$ ; TE: 0.40), respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUTC con respecto a GSOBC (6.74 % vs 5.91 %), tras 37 semanas de tratamiento.

##### ***Altura.***

Se produjo un aumento significativo en la altura tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.22;  $p<0.001$ ; TE: 0.27;  $p<0.001$ ; TE: 0.49), como en grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: 0.11;  $p<0.001$ ; TE: 0.05;  $p<0.001$ ; TE: 0.16), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOB con respecto a GAUTC (1.84 % vs 0.61 %), tras 37 semanas de tratamiento y un ligero descenso de la altura tras 15 semanas de tratamiento en GSOBC.

##### ***% graso.***

Tras un tratamiento de 15 semanas, sólo hubo un descenso significativo en la reducción del % graso en el GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: -0.23). Después de un tratamiento de 22 y 37 semanas, se produjeron descensos significativos del % graso tanto en GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.01;  $p<0.001$ ; TE: -0.12), como en GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: -0.39;  $p<0.001$ ; TE: -

0.56), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBC con respecto a GAUTC (16.16 % vs 3.21 %), tras 37 semanas de tratamiento.

### ***Masa muscular.***

Se produjo un aumento significativo de masa muscular tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, en el grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.97;  $p<0.001$ ; TE: -0.34;  $p<0.001$ ; TE: 0.65) con un ligero descenso entre post 1 y post 2 tanto en el GAUTC, como en grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: 0.66;  $p<0.001$ ; TE: 0.27;  $p<0.001$ ; TE: 0.91), respectivamente. También se observó un % de cambio mayor en GSOBC con respecto a GAUTC (10.07 % vs 8.30 %), tras 37 semanas de tratamiento.

## **CATEGORÍA JUVENIL**

### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

El salto CMJ mejoró significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en el grupo GAUTJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.63;  $p<0.001$ ; TE: 0.54;  $p<0.001$ ; TE: 1.10), como en grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.82;  $p<0.002$ ; TE: 0.062;  $p<0.001$ ; TE: 1.47), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBJ con respecto al GAUTJ (16.61 % vs 15.24 %), tras 37 semanas de tratamiento.

### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

Por su parte, el VO<sub>2</sub>max mejoró significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.50;  $p<0.001$ ; TE: 0.71;  $p<0.001$ ; TE: 1.11), como en grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.54;  $p<0.001$ ; TE: 0.70;  $p<0.001$ ; TE: 1.21), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBJ con respecto al GAUTJ (6.80 % vs 6.52 %), tras 37 semanas de tratamiento.

### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).**

#### ***Peso.***

Se observó un aumento de peso significativo tras los tratamientos de 15 y 37 semanas, tanto en el grupo GAUTJ ( $p<0.004$ ; TE: 0.19;  $p<0.001$ ; TE: 0.25), como en el grupo GSOB ( $p<0.001$ ; TE: 0.30;  $p<0.001$ ; TE: 0.27), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTJ con respecto a GSOBJ (2.93 % vs 2.90 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### ***Altura.***

También se observó un aumento de altura significativo tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.09;  $p<0.001$ ; TE: 0.11;  $p<0.001$ ; TE: 0.20), como en grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.07;  $p<0.001$ ; TE: 0.07;  $p<0.001$ ; TE: 0.15), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTJ con respecto a GSOBJ (0.77 % vs 0.55 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**% grasa.**

Sólo el grupo GSOBJ presentó un descenso significativo del % grasa tras el tratamiento de 15 semanas ( $p<0.005$ ; TE: -0.37). Tras 22 y 37 semanas de tratamiento, y se produjo una disminución del % grasa tanto en GAUTJ ( $p<0.002$ ; TE: -0.28;  $p<0.001$ ; TE:-0.49) como en GSOBJ ( $p<0.003$ ; TE:-0.56;  $p<0.001$ ; TE:-0.90), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (15.76 % vs 9.57 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**Masa muscular.**

Se produjo un aumento de masa muscular significativo tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.25;  $p<0.001$ ; TE: 0.19;  $p<0.001$ ; TE: 0.43), como en grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.28;  $p<0.001$ ; TE: 0.21;  $p<0.001$ ; TE: 0.50), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTJ con respecto a GSOBJ (4.81 % vs 4.58 %), tras 37 semanas de tratamiento.



GAUTC												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	29,66 ± 5,49	31,97 ± 5,28	34,41 ± 4,74	7,79	7,63	16,02	0,42	0,001*	0,46	0,001*	0,87	0,001*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	47,74 ± 2,83	49,72 ± 2,45	50,90 ± 2,01	4,14	2,38	6,62	0,70	0,001*	0,48	0,001*	1,12	0,001*
Peso (Kg)	58,13 ± 8,13	61,13 ± 7,53	62,05 ± 7,84	5,17	1,49	6,74	0,37	0,001*	0,12	0,001*	0,48	0,001*
Altura (cm)	169,12 ± 6,35	170,53 ± 6,29	172,24 ± 6,47	0,83	1,00	1,84	0,22	0,001*	0,27	0,001*	0,49	0,001*
%Graso	13,04 ± 3,50	12,62 ± 2,95	12,62 ± 2,51	-3,21	0,01	-3,21	-0,12	0,052	0,01	0,001*	-0,12	0,001*
Masa Muscular (Kg)	50,31 ± 6,38	56,52 ± 6,01	54,49 ± 6,06	12,34	-3,60	8,30	0,97	0,001*	-0,34	0,001*	0,65	0,001*
GSOBC												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	30,20 ± 3,71	34,59 ± 4,07	36,94 ± 3,89	14,52	6,81	22,32	1,18	0,001*	0,58	0,001*	1,81	0,001*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	49,16 ± 2,39	50,70 ± 2,84	52,49 ± 2,91	3,13	3,53	6,77	0,64	0,001*	0,63	0,001*	1,39	0,001*
Peso (Kg)	63,26 ± 9,42	65,66 ± 8,40	67,00 ± 7,72	3,79	2,04	5,91	0,25	0,001*	0,16	0,008*	0,40	0,001*
Altura (cm)	173,45 ± 6,59	174,18 ± 6,79	174,50 ± 6,30	0,42	0,19	0,61	0,11	0,001*	0,05	0,001*	0,16	0,001*
%Graso	15,59 ± 4,52	14,52 ± 3,73	13,07 ± 3,18	-6,82	-10,03	-16,16	-0,23	0,001*	-0,39	0,001*	-0,56	0,001*
Masa Muscular (Kg)	53,78 ± 5,98	57,72 ± 5,46	59,20 ± 5,83	7,32	2,56	10,07	0,66	0,001*	0,27	0,001*	0,91	0,001*
GAUTJ												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	32,51 ± 4,49	35,34 ± 3,96	37,47 ± 4,27	8,70	6,01	15,24	0,63	0,001*	0,54	0,001*	1,10	0,001*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	50,19 ± 2,94	51,66 ± 2,53	53,46 ± 2,56	2,93	3,48	6,52	0,50	0,001*	0,71	0,001*	1,11	0,001*
Peso (Kg)	66,50 ± 7,91	68,02 ± 8,00	68,45 ± 7,51	2,27	0,65	2,93	0,19	0,004*	0,05	0,15	0,25	0,001*
Altura (cm)	175,92 ± 6,85	176,51 ± 6,89	177,27 ± 6,69	0,34	0,43	0,77	0,09	0,001*	0,11	0,001*	0,20	0,001*
%Graso	13,69 ± 2,70	13,14 ± 2,73	12,38 ± 2,32	-3,97	-5,83	-9,57	-0,20	0,07	-0,28	0,002*	-0,49	0,001*

<b>Masa Muscular (Kg)</b>	57,34 ± 6,39	58,93 ± 6,23	60,09 ± 6,31	2,78	1,97	4,81	0,25	0,001*	0,19	0,001*	0,43	0,001*
<b>GSOBJ</b>												
<b>Variables</b>	<b>Pre</b>	<b>Post1</b>	<b>Post2</b>	<b>%cambio Pre-Post1</b>	<b>%cambio Post1-Post2</b>	<b>%cambio Pre-Post2</b>	<b>TE Pre- Post1</b>	<b>p</b>	<b>TE Post1- Post2</b>	<b>p</b>	<b>TE Pre- Post2</b>	<b>p</b>
<b>CMJ (cm)</b>	32,07 ± 3,62	35,03 ± 3,82	37,40 ± 3,30	9,23	6,76	16,61	0,82	0,001*	0,62	0,002*	1,47	0,001*
<b>VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	49,97 ± 2,81	51,49 ± 2,70	53,37 ± 2,61	3,04	3,65	6,80	0,54	0,001*	0,70	0,001*	1,21	0,001*
<b>Peso (Kg)</b>	65,72 ± 7,02	67,80 ± 6,97	67,62 ± 7,08	3,16	-0,26	2,90	0,30	0,001*	-0,03	0,38	0,27	0,001*
<b>Altura (cm)</b>	174,22 ± 6,45	174,69 ± 6,55	175,17 ± 6,45	0,27	0,28	0,55	0,07	0,001*	0,07	0,001*	0,15	0,001*
<b>%Graso</b>	13,65 ± 2,40	12,76 ± 2,25	11,50 ± 2,03	-6,47	-9,94	-15,76	-0,37	0,005*	-0,56	0,003*	-0,90	0,001*
<b>Masa Muscular (Kg)</b>	57,21 ± 5,28	58,68 ± 5,35	59,83 ± 5,60	2,58	1,95	4,58	0,28	0,001*	0,21	0,001*	0,50	0,001*

**Nota:** GAUT (grupo autocarga); GSOB (grupo sobrecarga); CMJ (cm: centímetros): Salto con contramovimiento; VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) consumo máximo de oxígeno; Kg (kilos); % cambio entre pre vs post; TE: Tamaño del Efecto. P (nivel de significación p<0.05\*).

**Tabla 27.** Comparativa tratamientos (autocargas vs sobrecargas) en categoría cadete y juvenil. Se presentan promedios y desviación estándar (Prom ± DE).

En la tabla 28 se presentan las diferencias entre tratamientos dentro de la categoría cadete y atendiendo a la demarcación específica.

## PORTEROS

### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

Sólo el tratamiento de 22 semanas demostró ser efectivo para la mejora del rendimiento en el test de salto CMJ en el grupo GSOBC ( $p<0.039$ ; TE: 0.51).

### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

En la misma línea, sólo el tratamiento de 22 semanas demostró ser efectivo para la mejora del rendimiento en VO<sub>2</sub>max en el grupo GSOBC ( $p<0.028$ ; TE: 0.95).

### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).**

#### ***Peso.***

Se produjo un aumento de peso significativo tras 15 semanas de tratamiento tanto en GAUTC ( $p<0.03$ ; TE: 0.47), como en GSOB ( $p<0.066$ ; TE: 0.56), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBC con respecto a GAUT (5.80 % vs 2.66 %). Por el contrario, se produjeron cambios significativos tras los tratamientos de 22 y 37 semanas, sólo se produjo en el GSOBC ( $p<0.013$ ; TE: -0.17;  $p<0.021$ ; TE: 0.39), respectivamente.

#### ***Altura.***

Se produjo un aumento de altura significativo tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTC ( $p<0.006$ ; TE: 0.22;  $p<0.002$ ; TE: 0.23;  $p<0.014$ ; TE: 0.49), como en grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: 0.26;  $p<0.032$ ; TE: 1.09;  $p<0.031$ ; TE: 1.10), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTC con respecto a GSOBC (1.65 % vs 1.41 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### ***% graso.***

También se observó un descenso significativo del % graso tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.013$ ; TE: -0.17;  $p<0.031$ ; TE: -0.39;  $p<0.044$ ; TE: -0.54), como en el grupo GSOBC ( $p<0.002$ ; TE: -0.16;  $p<0.041$ ; TE: -0.48;  $p<0.026$ ; TE: -0.60), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBC con respecto a GAUTC (12.90 % vs 12.29 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### ***Masa muscular.***

Por último, también se produjeron aumentos significativos de la masa muscular tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.60;  $p<0.024$ ; TE: 0.55;  $p<0.033$ ; TE: 1.09), como en el grupo GSOBC ( $p<0.010$ ; TE: 0.74;  $p<0.005$ ; TE: 0.47;  $p<0.019$ ; TE: 1.20), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBC con respecto a GAUTC (9.31 % vs 6.14 %), tras 37 semanas de tratamiento.

## DEFENSAS CENTRALES

### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

Sólo se produjeron aumentos significativos del rendimiento en el test de salto CMJ en el tratamiento GAUTC tras el tratamiento de 15 semanas ( $p<0.013$ ; TE: 0.23). Por otro lado, se produjeron aumentos del rendimiento significativo tras el periodo de 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en GAUTC ( $p<0.047$ ; TE: 0.48;  $p<0.071$ ; TE: 0.76), como en GSOBC ( $p<0.029$ ; TE: 0.68;  $p<0.005$ ; TE: 1.98), respectivamente, con un % de cambio ligeramente favorable a GSOBC frente a GAUTC (16.67 % vs 13.55 %), tras 37 semanas de entrenamiento.

### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

El VO<sub>2</sub>max sólo mejoró significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, en grupo el GAUTC ( $p<0.004$ ; TE: 0.96;  $p<0.018$ ; TE: 0.96;  $p<0.003$ ; TE: 1.88), respectivamente.

### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).**

#### ***Peso.***

Se produjeron cambios significativos en el peso tras el tratamiento de 22 semanas, tanto en GAUTC ( $p<0.004$ ; TE: 0.04; 0.51 %), como en GSOBC ( $p<0.037$ ; TE: -0.04; -0.73 %), respectivamente. Por último, el tratamiento global de 37 semanas, sólo demostró ser significativo en el GAUTC ( $p<0.049$ ; TE: 0.38), con un aumento del peso del 6.45 %.

#### ***Altura.***

El tratamiento 22 semanas, solo demostró mejoras significativas en el grupo GSOBC ( $p<0.049$ ; TE: 0.27).

#### ***% graso.***

El tratamiento 15 semanas produjo descensos significativos tanto en GAUTC ( $p<0.01$ ; TE: -0.37), como en GSOBC ( $p<0.032$ ; TE: -0.18), respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUTC con respecto al GSOBC (9.05 % vs 7.54 %).

#### ***Masa muscular.***

El tratamiento GSOBC fue el único que demostró aumentos significativos de masa muscular tras el periodo de 15 semanas ( $p<0.024$ ; TE: 0.28). Con respecto al periodo de 22 semanas, tanto el tratamiento GAUTC ( $p<0.002$ ; TE: 0.39), como el GSOBC ( $p<0.002$ ; TE: 0.22), demostraron aumentos significativos de masa muscular, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBC con respecto a GAUTC (2.35 % vs 2.21%). Por último, el tratamiento global de 37 semanas, sólo presentó aumentos significativos de masa muscular en GSOBC ( $p<0.009$ ; TE: 0.47).

## LATERALES

### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

El salto CMJ mejoró significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.18;  $p<0.008$ ; TE: 0.60;  $p<0.017$ ; TE: 0.67), como en grupo GSOBC ( $p<0.007$ ; TE: 0.47;  $p<0.007$ ; TE: 0.40;  $p<0.004$ ; TE: 0.83), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBC con respecto al GAUTC (18.91 % vs 8.69 %), tras 37 semanas de tratamiento.

### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

Tras los tratamientos de 15, 22 y 37 semanas de GAUTC y GSOBC, no se observaron cambios significativos en esta variable de rendimiento en ningún grupo.

### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular.**

#### ***Peso.***

El peso tuvo variaciones significativas tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.006$ ; TE: 0.45;  $p<0.010$ ; TE: 0.15;  $p<0.007$ ; TE: 0.61), como en grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: 0.60;  $p<0.001$ ; TE:-0.20;  $p<0.001$ ; TE: 0.41), respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUTC con respecto al GSOBC (6.18 % vs 4.30 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### ***Altura.***

La altura presentó aumentos significativos tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTC ( $p<0.007$ ; TE: 0.56;  $p<0.003$ ; TE: 0.62;  $p<0.038$ ; TE: 1.25), como en grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: 0.17;  $p<0.001$ ; TE: 0.09;  $p<0.001$ ; TE: 0.25), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTC con respecto al GSOBC (1.87 % vs 1.22%), tras 37 semanas de tratamiento.

#### ***% graso.***

La disminución del % graso significativo tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, se produjo tanto en grupo GAUTC ( $p<0.005$ ; TE:-0.02;  $p<0.001$ ; TE:-0.33;  $p<0.011$ ; TE: -0.31), como en grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE:-0.32;  $p<0.002$ ; TE:-0.45;  $p<0.012$ ; TE: -0.72), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOB con respecto a GAUTC (14.04 % vs 10.37%), tras 37 semanas de tratamiento.

#### ***Masa muscular.***

El aumento significativo de la masa muscular tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, se produjo tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.59;  $p<0.014$ ; TE: 0.51;  $p<0.033$ ; TE: 1.03), como en el grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: 0.51;  $p<0.004$ ; TE: 0.44;  $p<0.001$ ; TE: 0.90), respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUTC con respecto a GSOBC (7.90 % vs 7.70 %), tras 37 semanas de tratamiento.

## CENTROCAMPISTAS

### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

El salto CMJ mejoró significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.016$ ; TE: 0.43;  $p<0.001$ ; TE: 0.48;  $p<0.001$ ; TE: 0.86), como en grupo GSOBC ( $p<0.002$ ; TE: 0.66;  $p<0.003$ ; TE: 0.66;  $p<0.001$ ; TE: 1.35), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBC con respecto al GAUTC (18.54 % vs 17.90 %), tras 37 semanas de tratamiento.

### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

El VO<sub>2</sub>max sólo mejoró significativamente tras 15 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 1.00;  $p<0.001$ ; TE: 1.23), como en grupo GSOBC ( $p<0.036$ ; TE: 0.31;  $p<0.001$ ; TE: 0.80), respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUTC con respecto a GSOBC (5.85 % vs 5.30 %), tras 37 semanas de tratamiento. Por otro lado, el tratamiento de 22 semanas sólo presentó aumento significativo en grupo GSOBC ( $p<0.001$ ; TE: 0.55).

### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).**

#### ***Peso.***

El peso sólo mejoró significativamente tras 15 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.56;  $p<0.001$ ; TE: 0.66), como en grupo GSOBC ( $p<0.023$ ; TE: 0.33;  $p<0.002$ ; TE: 0.33), respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUTC con respecto a GSOBC (7.99 % vs 3.07 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### ***Altura.***

La altura presentó aumentos significativos tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.32;  $p<0.006$ ; TE: 0.34;  $p<0.01$ ; TE: 0.65), como en grupo GSOBC ( $p<0.019$ ; TE: 0.10;  $p<0.003$ ; TE: 0.15;  $p<0.002$ ; TE: 0.24), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTC con respecto al GSOBC (2.02 % vs 0.93 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### ***% graso.***

El tratamiento de 15 semanas, sólo presentó disminución del % graso en el grupo GSOBC ( $p<0.027$ ; TE: -0.12). Con respecto a los tratamientos de 22 y 37 semanas, se produjeron disminuciones del % graso significativo tanto en grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: -0.81;  $p<0.012$ ; TE: -0.71), como en grupo GSOBC ( $p<0.002$ ; TE: -0.37;  $p<0.001$ ; TE: -0.49), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBC con respecto al GAUTC (13.45 % vs 12.89 %).

#### ***Masa muscular.***

El aumento significativo de la masa muscular tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, se produjo tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.57;  $p<0.001$ ; TE: 0.25;  $p<0.001$ ;

TE: 0.83), como en el grupo GSOBC ( $p<0.012$ ; TE: 0.29;  $p<0.004$ ; TE: 0.40;  $p<0.001$ ; TE: 0.73), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBC con respecto a GAUTC (3.55 % vs 3.02 %), tras 37 semanas de tratamiento.

## **EXTREMOS**

### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

El salto CMJ mejoró significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.64;  $p<0.002$ ; TE: 0.42;  $p<0.001$ ; TE: 1.15), como en grupo GSOBC ( $p<0.010$ ; TE: 1.52;  $p<0.004$ ; TE: 1.32;  $p<0.001$ ; TE: 2.87), respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUTC con respecto al GSOBC (22.20 % vs 16.65 %), tras 37 semanas de tratamiento.

### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

El VO<sub>2</sub>max, sólo mejoró significativamente tras 15 semanas de tratamiento en el grupo GAUTC ( $p<0.039$ ; TE: 0.75). Con respecto al tratamiento de 22 y 37 semanas, se evidenciaron aumentos significativos de rendimiento tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.024$ ; TE: 0.59;  $p<0.010$ ; TE: 1.39), como en grupo GSOBC ( $p<0.012$ ; TE: 0.44;  $p<0.012$ ; TE: 2.16), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTC con respecto a GSOBC (7.72 % vs 7.07 %), tras 37 semanas de tratamiento.

### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).**

#### ***Peso.***

Tras el tratamiento global de 37 semanas, se evidenció un aumento significativo del peso sólo en el grupo GAUTC ( $p<0.032$ ; TE: 0.48).

#### ***Altura.***

La altura sólo presentó un aumento significativo tras el tratamiento de 15 semanas en el grupo GSOBC ( $p<0.024$ ; TE: 0.11). Por otro lado, tras los tratamientos de 22 y 37 semanas, se produjeron mejoras significativas tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.002$ ; TE: 0.24;  $p<0.011$ ; TE: 0.33), como en el GSOBC ( $p<0.010$ ; TE: 0.12;  $p<0.002$ ; TE: 0.22), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTC con respecto al GSOB (1.25 % vs 1 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### ***% graso.***

Los tratamientos de 15 y 37 semanas, sólo presentaron un descenso significativo del % graso en el grupo GSOBC ( $p<0.018$ ; TE: -0.40;  $p<0.011$ ; TE: -0.69), respectivamente. Por otro lado, tras el tratamiento de 22 semanas, se produjeron descensos significativos del % graso, tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.040$ ; TE: -0.79), como en el grupo GSOBC ( $p<0.008$ ; TE: -0.43), con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTC con respecto a GSOBC (8.96 % vs 8.38 %).

***Masa muscular.***

El aumento significativo de la masa muscular tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, se produjo tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.001$ ; TE: 0.39;  $p<0.006$ ; TE: 0.26;  $p<0.001$ ; TE: 0.64), como en el grupo GSOBC ( $p<0.014$ ; TE: 0.19;  $p<0.003$ ; TE: 0.29;  $p<0.001$ ; TE: 0.45), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTC con respecto a GSOBC (6.84 % vs 6.29 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**DELANTEROS****Salto con contramovimiento (CMJ).**

El rendimiento en salto CMJ, mejoró significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, sólo en el grupo GSOBC ( $p<0.004$ ; TE: 1.30;  $p<0.001$ ; TE: 0.74;  $p<0.014$ ; TE: 1.98), respectivamente.

**Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

Tras los tratamientos de 15, 22 y 37 semanas de GAUTC y GSOBC, no se observaron cambios significativos en esta variable de rendimiento en ningún grupo.

**Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).*****Peso.***

Tras los tratamientos de 15 y 37 semanas, se observaron aumentos significativos del peso tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.005$ ; TE: 0.58;  $p<0.042$ ; TE: 0.77), como en el grupo GSOB ( $p<0.005$ ; TE: 0.05;  $p<0.004$ ; TE: 0.07), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTC con respecto a GSOBC (10.90 % vs 1.55 %). Por otro lado, el tratamiento de 22 semanas, sólo demostró aumentos significativos en el grupo GSOBC ( $p<0.002$ ; TE: 0.02).

***Altura.***

Sólo el tratamiento GSOBC produjo aumento significativo en la altura tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento ( $p<0.009$ ; TE: 0.17;  $p<0.016$ ; TE: 0.15;  $p<0.046$ ; TE: 0.31), respectivamente.

***% graso.***

Los tratamientos de 15 y 37 semanas, sólo presentaron descensos significativos del % graso tanto en el grupo GAUTC ( $p<0.022$ ; TE: -0.74;  $p<0.024$ ; TE: -1.96), como en el grupo GSOBC ( $p<0.019$ ; TE: -0.23;  $p<0.038$ ; TE: -0.41), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOB con respecto a GAUTC (17.37 % vs 16.78 %). Por otro lado, el tratamiento de 22 semanas, sólo demostró descenso significativo en el grupo GSOBC ( $p<0.006$ ; TE: -0.26).



***Masa muscular.***

Los tratamientos de 15 y 22 semanas, sólo presentaron aumentos significativos de masa muscular en el grupo GSOBC ( $p < 0.003$ ; TE: 0.23;  $p < 0.022$ ; TE: 0.28), respectivamente. Tras el tratamiento global de 37 semanas, se produjeron aumentos significativos de masa muscular tanto en el grupo GAUTC ( $p < 0.016$ ; TE: 0.89), como en el grupo GSOBC ( $p < 0.016$ ; TE: 0.50), con un % de cambio mayor en GAUT con respecto a GSOB (11 % vs 6.87 %).

**Tabla 28.** Comparativa tratamientos (autocargas vs sobrecargas) según demarcación en categoría cadete. Se presentan promedios y desviación estándar (Prom  $\pm$  DE).

GAUTC												
Porteros												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	33,83 $\pm$ 3,64	36,53 $\pm$ 3,79	38,92 $\pm$ 2,87	7,99	6,53	15,03	0,74	0,06	0,63	0,07	1,40	0,08
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	45,30 $\pm$ 0,86	47,78 $\pm$ 1,92	49,15 $\pm$ 1,19	5,48	2,85	8,48	2,89	0,38	0,71	0,64	4,48	0,49
Peso (Kg)	66,85 $\pm$ 3,77	68,63 $\pm$ 3,54	69,35 $\pm$ 3,69	2,66	1,06	3,74	0,47	0,03*	0,20	0,09	0,66	0,11
Altura (cm)	175,43 $\pm$ 5,95	176,75 $\pm$ 6,81	178,32 $\pm$ 8,14	0,76	0,89	1,65	0,22	0,006*	0,23	0,002*	0,49	0,014*
%Graso	15,48 $\pm$ 3,50	14,88 $\pm$ 3,35	13,57 $\pm$ 3,16	-3,88	-8,76	-12,29	-0,17	0,013*	-0,39	0,031*	-0,54	0,044*
Masa Muscular (Kg)	56,03 $\pm$ 3,16	57,91 $\pm$ 2,81	59,47 $\pm$ 3,88	3,35	2,69	6,14	0,60	0,001*	0,55	0,024*	1,09	0,033*
Defensas Centrales												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	29,24 $\pm$ 5,22	30,42 $\pm$ 5,82	33,20 $\pm$ 4,42	4,05	9,13	13,55	0,23	0,013*	0,48	0,047*	0,76	0,071*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	44,79 $\pm$ 3,30	48,21 $\pm$ 1,36	49,37 $\pm$ 1,93	7,64	2,42	10,24	1,04	0,15	0,86	0,06	1,39	0,32
Peso (Kg)	64,75 $\pm$ 11,08	68,58 $\pm$ 9,08	68,93 $\pm$ 8,17	5,91	0,51	6,45	0,35	0,06	0,04	0,004*	0,38	0,049*
Altura (cm)	174,63 $\pm$ 5,41	176,75 $\pm$ 4,05	179,23 $\pm$ 3,36	1,22	1,40	2,63	0,39	0,06	0,61	0,18	0,85	0,39
%Graso	16,33 $\pm$ 3,99	14,85 $\pm$ 2,30	13,38 $\pm$ 2,76	-9,05	-9,93	-18,08	-0,37	0,01*	-0,64	0,09	-0,74	0,06
Masa Muscular (Kg)	53,57 $\pm$ 6,42	56,13 $\pm$ 3,18	57,37 $\pm$ 3,41	4,77	2,21	7,08	0,40	0,07	0,39	0,002*	0,59	0,08
Laterales												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	33,79 $\pm$ 4,39	34,59 $\pm$ 3,54	36,72 $\pm$ 4,74	2,37	6,17	8,69	0,18	0,001*	0,60	0,008*	0,67	0,017*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	48,85 $\pm$ 1,92	49,08 $\pm$ 1,05	50,62 $\pm$ 0,89	0,48	3,13	3,62	0,12	0,71	1,46	0,42	0,92	0,51
Peso (Kg)	56,90 $\pm$ 5,76	59,50 $\pm$ 5,93	60,40 $\pm$ 4,45	4,57	1,51	6,15	0,45	0,006*	0,15	0,010*	0,61	0,007*

Altura (cm)	169,75 ± 2,52	171,17 ± 2,80	172,92 ± 3,89	0,83	1,02	1,87	0,56	0,007*	0,62	0,003*	1,25	0,038*
%Graso	12,13 ± 4,00	12,05 ± 3,62	10,88 ± 3,09	-0,67	-9,76	-10,37	-0,02	0,005*	-0,33	0,001*	-0,31	0,011*
Masa Muscular (Kg)	49,72 ± 3,81	51,98 ± 3,25	53,65 ± 3,30	4,54	3,21	7,90	0,59	0,001*	0,51	0,014*	1,03	0,033*
Centrocampistas												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	28,22 ± 5,85	30,75 ± 5,26	33,28 ± 4,40	8,96	8,21	17,90	0,43	0,016*	0,48	0,001*	0,86	0,001*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	49,46 ± 2,35	51,81 ± 2,10	52,35 ± 2,07	4,75	1,05	5,85	1,00	0,001*	0,26	0,09	1,23	0,001*
Peso (Kg)	53,43 ± 6,47	57,07 ± 6,79	57,70 ± 6,55	6,81	1,10	7,99	0,56	0,001*	0,09	0,22	0,66	0,001*
Altura (cm)	167,50 ± 5,23	169,16 ± 5,03	170,88 ± 4,34	0,99	1,02	2,02	0,32	0,001*	0,34	0,006*	0,65	0,001*
%Graso	11,37 ± 2,08	11,14 ± 1,53	9,91 ± 1,32	-2,02	-11,09	-12,89	-0,11	0,61	-0,81	0,001*	-0,71	0,012*
Masa Muscular (Kg)	47,25 ± 5,90	50,63 ± 6,16	52,16 ± 6,08	7,17	3,02	10,41	0,57	0,001*	0,25	0,001*	0,83	0,001*
Extremos												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	26,43 ± 5,10	29,68 ± 6,30	32,30 ± 5,16	12,27	8,85	22,20	0,64	0,001*	0,42	0,002*	1,15	0,001*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	46,98 ± 2,61	48,92 ± 2,83	50,61 ± 2,35	4,14	3,43	7,72	0,75	0,039*	0,59	0,024*	1,39	0,010*
Peso (Kg)	59,13 ± 7,46	61,21 ± 5,50	62,74 ± 5,53	3,53	2,49	6,11	0,28	0,10	0,28	0,09	0,48	0,032*
Altura (cm)	167,50 ± 6,38	168,21 ± 5,81	169,60 ± 6,16	0,43	0,82	1,25	0,11	0,14	0,24	0,002*	0,33	0,011*
%Graso	13,26 ± 1,60	13,14 ± 1,49	11,96 ± 1,99	-0,87	-8,96	-9,75	-0,07	0,767	-0,79	0,040*	-0,81	0,13
Masa Muscular (Kg)	51,27 ± 5,47	53,42 ± 5,21	54,78 ± 5,14	4,21	2,53	6,84	0,39	0,001*	0,26	0,006*	0,64	0,001*
Delanteros												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	28,80 ± 3,99	31,67 ± 2,59	33,38 ± 3,28	9,96	5,41	15,91	0,72	0,19	0,66	0,12	1,15	0,15
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	48,81 ± 2,97	50,52 ± 2,42	51,74 ± 1,15	3,51	2,42	6,01	0,58	0,08	0,50	0,45	0,99	0,18
Peso (Kg)	53,53 ± 7,54	57,90 ± 8,85	59,37 ± 6,66	8,16	2,53	10,90	0,58	0,05*	0,17	0,40	0,77	0,042*
Altura (cm)	161,33 ± 7,23	162,67 ± 6,81	164,17 ± 5,80	0,83	0,92	1,76	0,18	0,38	0,22	0,23	0,39	0,28
%Graso	12,27 ± 1,05	11,50 ± 1,25	10,21 ± 1,16	-6,30	-11,19	-16,78	-0,74	0,022*	-1,03	0,07	-1,96	0,024*

<b>Masa Muscular (Kg)</b>	47,58 ± 5,89	50,80 ± 7,29	52,81 ± 5,51	6,78	3,96	11,00	0,55	0,10	0,28	0,19	0,89	0,016*
<b>GSOBC</b>												
<b>Porteros</b>												
<b>Variables</b>	<b>Pre</b>	<b>Post1</b>	<b>Post2</b>	<b>%cambio Pre-Post1</b>	<b>%cambio Post1-Post2</b>	<b>%cambio Pre-Post2</b>	<b>TE Pre- Post1</b>	<b><i>p</i></b>	<b>TE Post1- Post2</b>	<b><i>p</i></b>	<b>TE Pre- Post2</b>	<b><i>p</i></b>
<b>CMJ (cm)</b>	31,35 ± 0,43	37,53 ± 4,65	39,93 ± 4,67	19,73	6,37	27,35	14,27	0,32	0,51	0,039*	19,79	0,15
<b>VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	48,00 ± 2,53	49,27 ± 1,52	50,71 ± 2,19	2,64	2,93	5,65	0,50	0,20	0,95	0,028*	1,07	0,33
<b>Peso (Kg)</b>	60,98 ± 6,29	64,52 ± 6,64	63,42 ± 6,14	5,80	-1,71	3,99	0,56	0,066*	-0,17	0,013*	0,39	0,021*
<b>Altura (cm)</b>	171,91 ± 2,21	172,48 ± 7,71	174,34 ± 2,14	0,33	1,08	1,41	0,26	0,001*	1,09	0,032*	1,10	0,031*
<b>%Graso</b>	14,44 ± 3,08	13,96 ± 2,86	12,58 ± 2,95	-3,36	-9,87	-12,90	-0,16	0,002*	-0,48	0,041*	-0,60	0,026*
<b>Masa Muscular (Kg)</b>	52,21 ± 4,06	55,22 ± 3,95	57,07 ± 4,40	5,78	3,35	9,31	0,74	0,010*	0,47	0,005*	1,20	0,019*
<b>Defensas Centrales</b>												
<b>Variables</b>	<b>Pre</b>	<b>Post1</b>	<b>Post2</b>	<b>%cambio Pre-Post1</b>	<b>%cambio Post1-Post2</b>	<b>%cambio Pre-Post2</b>	<b>TE Pre- Post1</b>	<b><i>p</i></b>	<b>TE Post1- Post2</b>	<b><i>p</i></b>	<b>TE Pre- Post2</b>	<b><i>p</i></b>
<b>CMJ (cm)</b>	32,35 ± 2,72	34,31 ± 5,07	37,74 ± 3,89	6,06	10,01	16,67	0,72	0,15	0,68	0,029*	1,98	0,005*
<b>VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	47,67 ± 2,31	49,89 ± 2,21	52,02 ± 1,85	4,66	4,27	9,12	0,96	0,004*	0,96	0,018*	1,88	0,003*
<b>Peso (Kg)</b>	63,34 ± 13,94	65,64 ± 12,90	65,16 ± 13,10	3,63	-0,73	2,88	0,17	0,09	-0,04	0,037*	0,13	0,10
<b>Altura (cm)</b>	176,20 ± 5,76	177,48 ± 4,66	178,72 ± 3,99	0,73	0,70	1,43	0,22	0,09	0,27	0,049*	0,44	0,07
<b>%Graso</b>	16,24 ± 6,93	15,02 ± 6,14	12,74 ± 4,19	-7,54	-15,16	-21,55	-0,18	0,032*	-0,37	0,08	-0,51	0,06
<b>Masa Muscular (Kg)</b>	52,88 ± 6,58	54,69 ± 5,90	55,98 ± 5,73	3,43	2,35	5,86	0,28	0,024*	0,22	0,002*	0,47	0,009*
<b>Laterales</b>												
<b>Variables</b>	<b>Pre</b>	<b>Post1</b>	<b>Post2</b>	<b>%cambio Pre-Post1</b>	<b>%cambio Post1-Post2</b>	<b>%cambio Pre-Post2</b>	<b>TE Pre- Post1</b>	<b><i>p</i></b>	<b>TE Post1- Post2</b>	<b><i>p</i></b>	<b>TE Pre- Post2</b>	<b><i>p</i></b>
<b>CMJ (cm)</b>	29,22 ± 6,65	32,37 ± 5,94	34,74 ± 4,38	10,79	7,33	18,91	0,47	0,007*	0,40	0,007*	0,83	0,004*
<b>VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	47,29 ± 1,31	48,89 ± 1,68	51,16 ± 2,00	3,38	4,64	8,18	1,22	0,23	1,35	0,46	2,95	0,11
<b>Peso (Kg)</b>	62,32 ± 6,56	66,23 ± 6,35	65,00 ± 5,73	6,29	-1,87	4,30	0,60	0,001*	-0,20	0,001*	0,41	0,001*
<b>Altura (cm)</b>	172,63 ± 8,25	174,00 ± 8,22	174,73 ± 7,72	0,79	0,42	1,22	0,17	0,001*	0,09	0,001*	0,25	0,001*
<b>%Graso</b>	14,70 ± 2,86	13,81 ± 2,56	12,64 ± 2,43	-6,13	-8,43	-14,04	-0,32	0,001*	-0,45	0,002*	-0,72	0,012*
<b>Masa Muscular (Kg)</b>	54,14 ± 4,64	56,49 ± 4,09	58,31 ± 4,49	4,35	3,21	7,70	0,51	0,001*	0,44	0,004*	0,90	0,001*

Centrocampistas												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	30,04 ± 4,11	32,78 ± 4,29	35,61 ± 4,04	9,10	8,65	18,54	0,66	0,002*	0,66	0,003*	1,35	0,001*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	47,88 ± 3,15	48,86 ± 2,82	50,42 ± 3,28	2,05	3,18	5,30	0,31	0,036*	0,55	0,001*	0,80	0,001*
Peso (Kg)	61,66 ± 5,81	63,56 ± 6,04	63,55 ± 5,48	3,09	-0,01	3,07	0,33	0,023*	0,00	0,98	0,33	0,002*
Altura (cm)	170,41 ± 6,69	171,05 ± 6,45	171,99 ± 6,29	0,38	0,55	0,93	0,10	0,019*	0,15	0,003*	0,24	0,002*
%Graso	14,71 ± 4,02	14,21 ± 4,03	12,73 ± 4,11	-3,39	-10,41	-13,45	-0,12	0,027*	-0,37	0,002*	-0,49	0,001*
Masa Muscular (Kg)	53,03 ± 4,38	54,31 ± 4,86	56,24 ± 4,16	2,43	3,55	6,06	0,29	0,012*	0,40	0,004*	0,73	0,001*
Extremos												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	29,61 ± 1,72	32,23 ± 1,74	34,54 ± 2,19	8,85	7,17	16,65	1,52	0,010*	1,32	0,004*	2,87	0,001*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	45,76 ± 1,49	47,68 ± 2,99	48,99 ± 2,61	4,20	2,75	7,07	1,29	0,09	0,44	0,012*	2,16	0,012*
Peso (Kg)	66,78 ± 11,72	68,95 ± 9,39	68,31 ± 9,83	3,26	-0,93	2,29	0,19	0,07	-0,07	0,20	0,13	0,08
Altura (cm)	174,21 ± 7,91	175,05 ± 7,67	175,96 ± 7,08	0,48	0,52	1,00	0,11	0,024*	0,12	0,010*	0,22	0,002*
%Graso	16,87 ± 4,42	15,09 ± 2,92	13,82 ± 2,15	-10,56	-8,38	-18,05	-0,40	0,018*	-0,43	0,008*	-0,69	0,011*
Masa Muscular (Kg)	56,38 ± 7,83	57,84 ± 7,23	59,93 ± 7,79	2,59	3,60	6,29	0,19	0,014*	0,29	0,003*	0,45	0,001*
Delanteros												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	29,47 ± 3,33	33,78 ± 3,07	36,05 ± 4,78	14,64	6,73	22,36	1,30	0,004*	0,74	0,001*	1,98	0,014*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	48,05 ± 2,85	49,20 ± 1,34	50,91 ± 2,87	2,39	3,47	5,95	0,40	0,09	1,28	0,13	1,00	0,39
Peso (Kg)	63,88 ± 14,91	64,68 ± 12,27	64,87 ± 12,78	1,25	0,30	1,55	0,05	0,005*	0,02	0,002*	0,07	0,004*
Altura (cm)	170,00 ± 8,04	171,39 ± 7,38	172,48 ± 7,36	0,82	0,63	1,46	0,17	0,009*	0,15	0,016*	0,31	0,046*
%Graso	16,93 ± 7,13	15,27 ± 4,99	13,99 ± 3,71	-9,78	-8,41	-17,37	-0,23	0,019*	-0,26	0,006*	-0,41	0,038*
Masa Muscular (Kg)	52,65 ± 7,30	54,30 ± 7,12	56,27 ± 5,75	3,13	3,63	6,87	0,23	0,003*	0,28	0,022*	0,50	0,016*

**Nota:** GAUT (grupo autocarga); GSOB (grupo sobrecarga); CMJ (cm: centímetros): Salto con contramovimiento; VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) consumo máximo de oxígeno; Kg (kilos); % cambio entre pre vs post; TE: Tamaño del Efecto. P (nivel de significación p<0.05\*).

En la tabla 29 se presentan las diferencias entre tratamientos dentro de la categoría juvenil y atendiendo a la demarcación específica.

## **PORTEROS**

### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

La mejora del salto CMJ tras el tratamiento de 15 semanas, presentó aumentos significativos tanto en el grupo GAUTJ ( $p<0.019$ ; TE: 0.93), como en el grupo GSOBJ ( $p<0.003$ ; TE: 1.50), con un % de cambio mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (10.83 % vs 9.15 %). Por último, el tratamiento global de 37 semanas, sólo presentó aumento significativo del rendimiento en esta variable para el grupo GAUTJ ( $p<0.01$ ; TE: 1.51).

### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

Tras los tratamientos de 15, 22 y 37 semanas de GAUTJ y GSOBJ, no se observaron cambios significativos en esta variable de rendimiento en ningún grupo.

### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).**

#### ***Peso.***

El peso aumentó significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTJ ( $p<0.03$ ; TE: 0.13;  $p<0.011$ ; TE: 0.10;  $p<0.016$ ; TE: 0.23), como en grupo GSOBJ ( $p<0.015$ ; TE: 0.22;  $p<0.001$ ; TE: -0.04;  $p<0.011$ ; TE: 0.18), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (1.75 % vs 1.67 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### ***Altura.***

La altura produjo aumentos significativos tras 15 y 37 semanas, tanto en grupo GAUTJ ( $p<0.047$ ; TE: 0.20;  $p<0.007$ ; TE: 0.41), como en grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.06;  $p<0.002$ ; TE: 0.07), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTJ con respecto a GSOBJ (0.85 % vs 0.30 %), tras 37 semanas de tratamiento. Por otro lado, el tratamiento de 22 semanas sólo fue efectivo para producir aumentos significativos de la altura en el grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.01).

#### ***% graso.***

Sólo el tratamiento GSOBJ produjo descensos significativos en el % graso tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento ( $p<0.008$ ; TE: -0.13;  $p<0.020$ ; TE: -0.32;  $p<0.011$ ; TE: -0.45), respectivamente.

#### ***Masa muscular.***

El tratamiento de 15 semanas, sólo fue efectivo para el aumento de la masa muscular en el grupo GSOBJ ( $p<0.004$ ; TE: 0.17). Por otro lado, después de 22 y 37 semanas de tratamiento, aumentaron de manera significativa la masa muscular tanto el grupo GAUTJ ( $p<0.011$ ; TE: 0.24;  $p<0.044$ ; TE: 0.36), como en grupo GSOBJ ( $p<0.004$ ; TE: 0.18;

$p < 0.010$ ; TE: 0.37), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBJ con respecto al GAUTJ (3.68 % vs 2.55 %), tras 37 semanas de tratamiento.

## DEFENSAS CENTRALES

### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

Los tratamientos de 15 semanas de GAUTJ y GSOBJ, no demostraron mejoras significativas en el rendimiento para esta variable. Con respecto al tratamiento de 22, sólo demostró mejoras significativas en el test de salto CMJ en el grupo GAUTJ ( $p < 0.02$ ; TE: 0.53). Por último, el tratamiento de 37 semanas, mejoró el rendimiento tanto en GAUTJ ( $p < 0.001$ ; TE: 0.85), como en grupo GSOBJ ( $p < 0.006$ ; TE: 1.54), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBJ con respecto al GAUTJ (16.28 % vs 10.14 %).

### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

El VO<sub>2</sub>max tras 15 semanas, sólo produjo mejoras significativas en el grupo GAUTJ ( $p < 0.012$ ; TE: 0.85). Con respecto a la mejora de rendimiento tras 22 semanas, mejoraron tanto en el grupo GAUTJ ( $p < 0.006$ ; TE: 1.37), como en el grupo GSOBJ ( $p < 0.00$ ; TE: 0.81), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBJ con respecto al GAUTJ (4.67 % vs 3.08). Por último, tras 37 semanas de tratamiento, sólo el tratamiento GAUTJ demostró ser efectivo ( $p < 0.004$ ; TE: 1.94).

### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).**

#### ***Peso.***

El peso presentó diferencias significativas tras 15 y 22 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTJ ( $p < 0.01$ ; TE: 0.34;  $p < 0.001$ ; TE: -0.22), como en grupo GSOBJ ( $p < 0.012$ ; TE: 0.64;  $p < 0.001$ ; TE: 0.1). Por otro lado, el tratamiento global de 37 semanas, sólo demostró mejoras significativas en esta variable en el grupo GSOBJ ( $p < 0.011$ ; TE: 0.64).

#### ***Altura.***

La variable altura presentó mejoras significativas tras los tratamientos de 15 y 22 semanas sólo en el grupo GSOBJ ( $p < 0.001$ ; TE: 0.15;  $p < 0.001$ ; TE: 0.22). Con respecto a la mejora tras 37 semanas, se produjeron cambios significativos tanto en el grupo GAUTJ ( $p < 0.03$ ; TE: 0.19), como en el grupo GSOBJ ( $p < 0.001$ ; TE: 0.34), respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUTJ con respecto al GSOBJ (0.64 % vs 0.44 %).

#### ***% graso.***

El % graso presentó un descenso significativo tras los tratamientos de 15 y 22 semanas, sólo en el grupo GSOBJ ( $p < 0.001$ ; TE: -0.30;  $p < 0.018$ ; TE: -0.64), respectivamente. Con respecto al tratamiento global de 37 semanas, se produjeron cambios tanto en el grupo GAUTJ ( $p < 0.0$ ; TE: -0.51), como en el grupo GSOBJ ( $p < 0.013$ ; TE: -0.88), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBJ con respecto al GAUTJ (17.89 % vs 14.36 %).

***Masa muscular.***

La masa muscular aumentó significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTJ ( $p<0.002$ ; TE: 0.26;  $p<0.006$ ; TE: 0.21;  $p<0.001$ ; TE: 0.47), como en grupo GSOBJ ( $p<0.002$ ; TE: 0.50;  $p<0.009$ ; TE: 0.57;  $p<0.014$ ; TE: 1.18), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTJ con respecto a GSOBJ (5.57 % vs 4.76 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**LATERALES****Salto con contramovimiento (CMJ).**

La mejora del salto CMJ tras 15 semanas de tratamiento, sólo produjo aumento significativo del rendimiento en el grupo GAUTJ ( $p<0.005$ ; TE: 0.99). Con respecto a la mejora significativa de rendimiento en esta variable tras los tratamientos de 22 y 37 semanas, se observaron mejoras tanto en el grupo GAUTJ ( $p<0.018$ ; TE: 1.17;  $p<0.003$ ; TE: 1.78), como en grupo GSOBJ ( $p<0.026$ ; TE: 0.67;  $p<0.002$ ; TE: 1.63), respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUTJ con respecto al GSOBJ (8.50 % vs 13.68 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

El VO<sub>2</sub>max, sólo mejoró significativamente tras 15 semanas de tratamiento en el grupo GSOBJ ( $p<0.024$ ; TE: 1.09). Con respecto al tratamiento de 22 semanas, sólo se observaron mejoras significativas en el grupo GAUTJ ( $p<0.012$ ; TE: 1.30). Con respecto al tratamiento de 37 semanas, se evidenciaron aumentos significativos de rendimiento tanto en el grupo GAUTJ ( $p<0.042$ ; TE: 0.98), como en grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 1.82), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (6.54 % vs 6.30 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).*****Peso.***

El peso presentó cambios significativos tras 15 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTJ ( $p<0.034$ ; TE: 0.15;  $p<0.007$ ; TE: 0.22), como en grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.39;  $p<0.001$ ; TE: 0.37), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (4.19 % vs 3.42 %), tras 37 semanas de tratamiento. El efecto del tratamiento de 22 semanas, sólo produjo un descenso de peso significativo en el grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: -0.01).

***Altura.***

La altura presentó mejoras significativas tanto el grupo GAUTJ ( $p<0.007$ ; TE: 0.06), como en GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.08), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTJ con respecto al GSOBJ (0.34 % vs 0.30 %). Sin embargo, los tratamientos de 22 y 37 semanas, sólo demostraron ser efectivos en el grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.08;  $p<0.001$ ; TE: 0.16).



**% grasa.**

El descenso del % grasa significativo tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, se produjo tanto en grupo GAUTJ ( $p<0.005$ ; TE: -0.27;  $p<0.06$ ; TE: -0.20;  $p<0.014$ ; TE: -0.46), como en grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: -0.43;  $p<0.001$ ; TE: -0.60;  $p<0.011$ ; TE: -0.99), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (17.76 % vs 10.92 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**Masa muscular.**

La masa muscular aumentó significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTJ ( $p<0.011$ ; TE: 0.24;  $p<0.03$ ; TE: 0.19;  $p<0.002$ ; TE: 0.40), como en grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.32;  $p<0.001$ ; TE: 0.26;  $p<0.001$ ; TE: 0.54), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTJ con respecto a GSOBJ (6.17 % vs 5.33 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**CENTROCAMPISTAS****Salto con contramovimiento (CMJ).**

El rendimiento en test de salto CMJ aumentó significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.92;  $p<0.001$ ; TE: 1.41;  $p<0.001$ ; TE: 1.91), como en grupo GSOBJ ( $p<0.002$ ; TE: 1.18;  $p<0.006$ ; TE: 0.57;  $p<0.036$ ; TE: 1.75), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (7.09 % vs 5.59 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

El tratamiento de 15 semanas sólo presentó mejoras de rendimiento significativas en el VO<sub>2</sub>max en el grupo GSOBJ ( $p<0.012$ ; TE: 0.51). Sin embargo, tras los tratamientos de 22 y 37 semanas, se mejoró significativamente el rendimiento de esta variable tanto en el grupo GAUTJ ( $p<0.006$ ; TE: 0.61;  $p<0.009$ ; TE: 0.94), como en grupo GSOBJ ( $p<0.024$ ; TE: 0.89;  $p<0.003$ ; TE: 1.21), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (6.94 % vs 6.42 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).****Peso.**

Se produjeron cambios significativos en el grupo GSOBJ tras 15, 22 y 37 semanas ( $p<0.035$ ; TE: 0.18;  $p<0.012$ ; TE: -0.02;  $p<0.001$ ; TE: 0.17), respectivamente.

**Altura.**

El aumento significativo de la variable altura tras el tratamiento de 15 semanas, sólo presentó mejoras significativas en el grupo GSOBJ ( $p<0.001$ ; TE: 0.08). Con respecto a los tratamientos de 22 y 37 semanas, se produjeron mejoras significativas tanto en el grupo GAUTJ ( $p<0.002$ ; TE: 0.09;  $p<0.013$ ; TE: 0.19), como en el grupo GSOBJ

( $p < 0.011$ ; TE: 0.09;  $p < 0.001$ ; TE: 0.16), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (0.85 % vs 0.67 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### **% grasa.**

Se produjeron descensos significativos en el grupo GSOBJ tras 15, 22 y 37 semanas ( $p < 0.002$ ; TE: -0.84;  $p < 0.004$ ; TE: -0.44;  $p < 0.006$ ; TE: -1.45), respectivamente.

#### **Masa muscular.**

El aumento significativo de la masa muscular tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, se produjo tanto en el grupo GAUTJ ( $p < 0.003$ ; TE: 0.26;  $p < 0.016$ ; TE: 0.17;  $p < 0.002$ ; TE: 0.44), como en grupo GSOBJ ( $p < 0.001$ ; TE: 0.14;  $p < 0.018$ ; TE: 0.17;  $p < 0.030$ ; TE: 0.30), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (3.84 % vs 3.80 %), tras 37 semanas de tratamiento.

### **EXTREMOS**

#### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

El rendimiento en test de salto CMJ aumentó significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTJ ( $p < 0.001$ ; TE: 0.12;  $p < 0.001$ ; TE: 0.28;  $p < 0.001$ ; TE: 0.40), como en grupo GSOBJ ( $p < 0.022$ ; TE: 0.60;  $p < 0.015$ ; TE: 0.69;  $p < 0.008$ ; TE: 1.28), respectivamente, con un % de cambio mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (17.92 % vs 7.44 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

El tratamiento de 15 semanas presentó mejoras de rendimiento significativas en VO<sub>2</sub>max tanto en GAUTJ ( $p < 0.001$ ; TE: 0.86), como en GSOBJ ( $p < 0.018$ ; TE: 0.58), con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTJ con respecto a GSOBJ (4.69 % vs 3.70 %). Con respecto al tratamiento de 22 y 37 semanas, sólo se produjeron mejoras de rendimiento significativas en el grupo GSOBJ ( $p < 0.016$ ; TE: 0.78;  $p < 0.01$ ; TE: 1.25), respectivamente.

#### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular)**

##### **Peso.**

El peso aumentó significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento en el grupo GAUTJ ( $p < 0.024$ ; TE: 0.41;  $p < 0.001$ ; TE: 0.25;  $p < 0.001$ ; TE: 0.73), respectivamente.

##### **Altura.**

La altura presentó aumentos significativos tras 15 y 22 semanas de tratamiento en el grupo GAUTJ ( $p < 0.001$ ; TE: 0.12;  $p < 0.001$ ; TE: 0.15), respectivamente. Por último, tras el tratamiento global de 37 semanas, se observaron aumentos significativos de la altura tanto en el grupo GAUTJ ( $p < 0.045$ ; TE: 0.28), como en el grupo GSOB ( $p < 0.045$ ; TE: 0.14),

respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUT con respecto a GSOBJ (0.78 % vs 0.41 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### **% grasa.**

El descenso significativo del % grasa tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, sólo se observó en el grupo GSOBJ ( $p<0.030$ ; TE: -0.28;  $p<0.005$ ; TE: -0.57;  $p<0.005$ ; TE: -0.75), respectivamente.

#### **Masa muscular.**

El aumento significativo de la masa muscular tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, se produjo tanto en el grupo GAUTJ ( $p<0.002$ ; TE: 0.33;  $p<0.001$ ; TE: 0.50;  $p<0.001$ ; TE: 0.86), como en grupo GSOBJ ( $p<0.016$ ; TE: 0.37;  $p<0.003$ ; TE: 0.17;  $p<0.003$ ; TE: 0.56), respectivamente, con un % de cambio mayor en GAUTJ con respecto a GSOBJ (7.38 % vs 5.11 %), tras 37 semanas de tratamiento.

### **DELANTEROS**

#### **Salto con contramovimiento (CMJ).**

El tratamiento de 15 semanas sólo presentó mejoras de rendimiento en la altura del salto CMJ en el grupo GAUTJ ( $p<0.013$ ; TE: 0.69). Por otro lado, tras los tratamientos de 22 y 37 semanas, se produjeron mejoras significativas tanto en GAUTJ ( $p<0.008$ ; TE: 0.62;  $p<0.015$ ; TE: 1.09), como en GSOBJ ( $p<0.012$ ; TE: 0.48;  $p<0.022$ ; TE: 1.08), respectivamente, con % de cambio mayor en GAUTJ con respecto a GSOBJ (16.99 % vs 11.73 %), tras 37 semanas de tratamiento.

#### **Consumo Máximo de Oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

El VO<sub>2</sub>max sólo mejoró significativamente tras los tratamientos de 22 y 37 semanas en el grupo GSOBJ ( $p<0.005$ ; TE: 0.39;  $p<0.049$ ; TE: 0.93), respectivamente.

#### **Composición corporal (peso, altura, %graso y masa muscular).**

##### **Peso.**

El aumento significativo de peso tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, sólo se produjo en el grupo GAUTJ ( $p<0.016$ ; TE: 0.37;  $p<0.007$ ; TE: 0.15;  $p<0.002$ ; TE: 0.52), respectivamente.

##### **Altura.**

De la misma manera, el aumento significativo de la altura tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, sólo se produjo en el grupo GAUTJ ( $p<0.005$ ; TE: 0.15;  $p<0.001$ ; TE: 0.15;  $p<0.002$ ; TE: 0.30), respectivamente.

**% grasa.**

El descenso significativo del % grasa tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, se produjo tanto en el grupo GAUTJ ( $p<0.006$ ; TE: -0.36;  $p<0.036$ ; TE: -0.55;  $p<0.010$ ; TE: -0.78), como en el grupo GSOBJ ( $p<0.049$ ; TE: -0.38;  $p<0.016$ ; TE: -0.80;  $p<0.021$ ; TE: -1.24), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GSOBJ con respecto a GAUTJ (14.87 % vs 13.73 %), tras 37 semanas de tratamiento.

**Masa muscular.**

El aumento de masa muscular significativo se produjo en el grupo GAUTJ tras el tratamiento de 15 y 22 semanas ( $p<0.016$ ; TE: 0.37;  $p<0.009$ ; TE: 0.28), respectivamente. Tras el tratamiento global de 37 semanas, se produjeron aumentos de masa muscular tanto en el grupo GAUTJ ( $p<0.005$ ; TE: 0.61), como en GSOBJ ( $p<0.049$ ; TE: 0.63), respectivamente, con un % de cambio ligeramente mayor en GAUTJ con respecto a GSOBJ (5.49 % vs 4.35 %).

**Tabla 29.** Comparativa tratamientos (autocargas vs sobrecargas) según demarcación en categoría juvenil. Se presentan promedios y desviación estándar (Prom  $\pm$  DE).

GAUTJ												
Porteros												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	35,99 $\pm$ 3,55	39,28 $\pm$ 3,28	41,33 $\pm$ 3,34	9,15	5,21	14,84	0,93	0,019*	0,62	0,13	1,51	0,01*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	48,78 $\pm$ 3,12	50,11 $\pm$ 1,65	51,11 $\pm$ 0,73	2,73	1,99	4,77	0,43	0,14	0,61	0,24	0,75	0,38
Peso (Kg)	63,17 $\pm$ 4,65	63,77 $\pm$ 4,36	64,22 $\pm$ 4,58	0,95	0,72	1,67	0,13	0,03*	0,10	0,011*	0,23	0,016*
Altura (cm)	170,33 $\pm$ 3,51	171,03 $\pm$ 3,55	171,78 $\pm$ 4,02	0,41	0,44	0,85	0,20	0,047*	0,21	0,06	0,41	0,007*
%Graso	13,47 $\pm$ 1,36	12,99 $\pm$ 1,53	11,87 $\pm$ 1,37	-3,54	-8,60	-11,83	-0,35	0,14	-0,73	0,19	-1,17	0,34
Masa Muscular (Kg)	55,21 $\pm$ 3,91	55,60 $\pm$ 4,21	56,62 $\pm$ 5,29	0,71	1,83	2,55	0,10	0,06	0,24	0,011*	0,36	0,044*
Defensas Centrales												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	36,34 $\pm$ 4,31	38,08 $\pm$ 3,65	40,02 $\pm$ 3,73	4,81	5,09	10,14	0,40	0,09	0,53	0,02*	0,85	0,001*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	49,86 $\pm$ 1,44	51,08 $\pm$ 1,15	52,66 $\pm$ 1,33	2,45	3,08	5,60	0,85	0,012*	1,37	0,006*	1,94	0,004*
Peso (Kg)	70,12 $\pm$ 8,94	73,12 $\pm$ 8,87	71,18 $\pm$ 9,02	4,28	-2,65	1,51	0,34	0,01*	-0,22	0,001*	0,12	0,11
Altura (cm)	178,67 $\pm$ 5,91	178,92 $\pm$ 5,78	179,82 $\pm$ 5,59	0,14	0,50	0,64	0,04	0,29	0,16	0,06	0,19	0,034*
%Graso	14,92 $\pm$ 4,22	13,95 $\pm$ 4,24	12,78 $\pm$ 3,25	-6,49	-8,41	-14,36	-0,23	0,12	-0,28	0,14	-0,51	0,01*
Masa Muscular (Kg)	60,05 $\pm$ 7,07	61,89 $\pm$ 7,30	63,39 $\pm$ 7,02	3,07	2,42	5,57	0,26	0,002*	0,21	0,006*	0,47	0,001*
Laterales												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	31,33 $\pm$ 3,77	35,05 $\pm$ 2,55	38,03 $\pm$ 4,10	11,89	8,50	21,40	0,99	0,005*	1,17	0,018*	1,78	0,003*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	49,57 $\pm$ 3,20	50,86 $\pm$ 1,41	52,69 $\pm$ 1,17	2,61	3,60	6,30	0,40	0,24	1,30	0,012*	0,98	0,042*
Peso (Kg)	65,32 $\pm$ 10,16	66,88 $\pm$ 9,09	67,55 $\pm$ 9,55	2,40	1,00	3,42	0,15	0,034*	0,07	0,13	0,22	0,007*
Altura (cm)	176,38 $\pm$ 9,24	176,98 $\pm$ 9,19	177,54 $\pm$ 8,97	0,34	0,32	0,66	0,06	0,007*	0,06	0,06	0,13	0,06
%Graso	13,20 $\pm$ 3,14	12,37 $\pm$ 2,99	11,76 $\pm$ 2,91	-6,33	-4,91	-10,92	-0,27	0,005*	-0,20	0,06*	-0,46	0,014*
Masa Muscular (Kg)	56,44 $\pm$ 8,76	58,51 $\pm$ 7,62	59,92 $\pm$ 8,28	3,66	2,42	6,17	0,24	0,011*	0,19	0,03*	0,40	0,002*

Centrocampistas												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	31,67 ± 2,43	33,90 ± 1,71	36,31 ± 1,97	7,05	7,09	14,64	0,92	0,001*	1,41	0,001*	1,91	0,001*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	50,12 ± 3,43	51,48 ± 3,01	53,33 ± 3,20	2,73	3,59	6,42	0,40	0,10	0,61	0,006*	0,94	0,009*
Peso (Kg)	72,16 ± 6,32	71,84 ± 7,94	72,49 ± 7,66	-0,45	0,91	0,45	-0,05	0,82	0,08	0,08	0,05	0,82
Altura (cm)	179,80 ± 6,44	180,36 ± 6,79	181,00 ± 6,63	0,31	0,35	0,67	0,09	0,12	0,09	0,002*	0,19	0,013*
%Graso	13,90 ± 3,35	13,64 ± 3,13	12,85 ± 3,02	-1,91	-5,81	-7,61	-0,08	0,67	-0,25	0,09	-0,32	0,28
Masa Muscular (Kg)	61,25 ± 5,35	62,66 ± 5,44	63,58 ± 5,44	2,30	1,47	3,80	0,26	0,003*	0,17	0,016*	0,44	0,002*
Extremos												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	32,90 ± 6,07	33,62 ± 6,08	35,34 ± 6,03	2,21	5,12	7,44	0,12	0,001*	0,28	0,001*	0,40	0,001*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	50,57 ± 2,76	52,94 ± 2,41	54,79 ± 2,91	4,69	3,48	8,34	0,86	0,001*	0,76	0,06	1,53	0,15
Peso (Kg)	62,29 ± 5,49	64,53 ± 6,96	66,30 ± 4,90	3,60	2,75	6,44	0,41	0,024*	0,25	0,001*	0,73	0,01*
Altura (cm)	173,64 ± 4,93	174,21 ± 5,12	175,00 ± 4,93	0,33	0,45	0,78	0,12	0,001*	0,15	0,001*	0,28	0,001*
%Graso	13,59 ± 3,03	13,71 ± 1,44	13,44 ± 1,78	0,95	-1,98	-1,05	0,04	0,33	-0,19	0,85	-0,05	0,99
Masa Muscular (Kg)	53,76 ± 4,64	55,31 ± 4,80	57,73 ± 4,79	2,88	4,37	7,38	0,33	0,002*	0,50	0,001*	0,86	0,001*
Delanteros												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	31,42 ± 4,90	34,77 ± 3,18	36,75 ± 4,15	10,68	5,70	16,99	0,69	0,013*	0,62	0,008*	1,09	0,015*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	52,04 ± 3,81	53,20 ± 3,91	55,37 ± 2,70	2,22	4,08	6,40	0,30	0,08	0,56	0,15	0,87	0,35
Peso (Kg)	62,48 ± 5,65	64,60 ± 5,53	65,41 ± 6,04	3,39	1,25	4,68	0,37	0,016*	0,15	0,007*	0,52	0,002*
Altura (cm)	172,40 ± 6,64	173,40 ± 6,84	174,40 ± 6,31	0,58	0,58	1,16	0,15	0,005*	0,15	0,001*	0,30	0,002*
%Graso	12,45 ± 2,20	11,65 ± 1,66	10,74 ± 1,79	-6,39	-7,84	-13,73	-0,36	0,006*	-0,55	0,036*	-0,78	0,010*
Masa Muscular (Kg)	55,19 ± 4,93	57,00 ± 4,33	58,22 ± 5,25	3,29	2,13	5,49	0,37	0,016*	0,28	0,009*	0,61	0,005*
GSOBJ												
Porteros												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	32,88 ± 2,37	36,44 ± 4,21	39,58 ± 2,72	10,83	8,61	20,38	1,50	0,003*	0,75	0,13	2,83	0,09

<b>VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	48,35 ± 2,09	49,57 ± 2,41	51,33 ± 1,95	2,51	3,55	6,15	0,58	0,08	0,73	0,15	1,42	0,21
<b>Peso (Kg)</b>	68,32 ± 6,62	69,79 ± 7,34	69,52 ± 7,04	2,16	-0,40	1,75	0,22	0,015*	-0,04	0,001*	0,18	0,011*
<b>Altura (cm)</b>	177,92 ± 7,79	178,39 ± 8,00	178,45 ± 7,76	0,26	0,04	0,30	0,06	0,001*	0,01	0,001*	0,07	0,002*
<b>%Graso</b>	12,90 ± 1,94	12,64 ± 1,95	12,02 ± 1,85	-1,98	-4,91	-6,79	-0,13	0,008*	-0,32	0,020*	-0,45	0,011*
<b>Masa Muscular (Kg)</b>	59,58 ± 5,85	60,59 ± 6,42	61,77 ± 6,39	1,70	1,95	3,68	0,17	0,004*	0,18	0,004*	0,37	0,010*

## Defensas Centrales

Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
<b>CMJ (cm)</b>	34,73 ± 3,68	37,91 ± 3,57	40,38 ± 2,70	9,18	6,51	16,28	0,87	0,06	0,69	0,07	1,54	0,006*
<b>VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	50,32 ± 2,47	50,26 ± 2,89	52,60 ± 1,90	-0,12	4,67	4,54	-0,02	0,14	0,81	0,006*	0,92	0,12
<b>Peso (Kg)</b>	65,32 ± 3,76	67,72 ± 4,78	67,71 ± 4,07	3,67	0,01	3,67	0,64	0,012*	0,01	0,001*	0,64	0,011*
<b>Altura (cm)</b>	171,62 ± 2,18	171,95 ± 1,93	172,37 ± 2,19	0,19	0,24	0,44	0,15	0,001*	0,22	0,001*	0,34	0,001*
<b>%Graso</b>	13,18 ± 2,67	12,39 ± 2,44	10,82 ± 1,80	-6,01	-12,64	-17,89	-0,30	0,001*	-0,64	0,018*	-0,88	0,013*
<b>Masa Muscular (Kg)</b>	57,70 ± 2,32	58,87 ± 2,79	60,45 ± 2,50	2,02	2,68	4,76	0,50	0,002*	0,57	0,009*	1,18	0,014*

## Laterales

Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
<b>CMJ (cm)</b>	32,34 ± 2,71	34,84 ± 2,87	36,76 ± 1,64	7,72	5,53	13,68	0,92	0,06	0,67	0,026*	1,63	0,002*
<b>VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	49,50 ± 1,78	51,45 ± 2,04	52,74 ± 1,01	3,93	2,51	6,54	1,09	0,024*	0,64	0,09	1,82	0,001*
<b>Peso (Kg)</b>	63,21 ± 7,06	65,94 ± 5,94	65,86 ± 6,31	4,32	-0,13	4,19	0,39	0,001*	-0,01	0,001*	0,37	0,001*
<b>Altura (cm)</b>	172,64 ± 6,80	173,15 ± 7,13	173,71 ± 7,17	0,30	0,33	0,62	0,08	0,001*	0,08	0,001*	0,16	0,001*
<b>%Graso</b>	13,23 ± 2,38	12,20 ± 2,21	10,88 ± 2,12	-7,75	-10,85	-17,76	-0,43	0,001*	-0,60	0,001*	-0,99	0,011*
<b>Masa Muscular (Kg)</b>	55,80 ± 5,47	57,54 ± 4,81	58,77 ± 5,48	3,13	2,14	5,33	0,32	0,001*	0,26	0,001*	0,54	0,001*

## Centrocampistas

Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
<b>CMJ (cm)</b>	30,45 ± 3,41	34,49 ± 3,37	36,41 ± 3,14	13,26	5,59	19,59	1,18	0,002*	0,57	0,006*	1,75	0,036*
<b>VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</b>	50,50 ± 2,89	51,97 ± 2,29	54,01 ± 2,12	2,90	3,92	6,94	0,51	0,012*	0,89	0,024*	1,21	0,003*
<b>Peso (Kg)</b>	62,66 ± 8,67	64,25 ± 7,73	64,11 ± 8,82	2,53	-0,21	2,32	0,18	0,035*	-0,02	0,012*	0,17	0,001*
<b>Altura (cm)</b>	172,06 ± 9,07	172,75 ± 9,05	173,53 ± 8,72	0,40	0,45	0,85	0,08	0,001*	0,09	0,011*	0,16	0,001*
<b>%Graso</b>	13,71 ± 1,48	12,47 ± 2,07	11,56 ± 1,88	-9,04	-7,36	-15,73	-0,84	0,002*	-0,44	0,004*	-1,45	0,006*
<b>Masa Muscular (Kg)</b>	54,74 ± 7,03	55,72 ± 6,60	56,84 ± 7,41	1,79	2,02	3,84	0,14	0,001*	0,17	0,018*	0,30	0,030*

Extremos												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	30,36 ± 4,24	32,89 ± 4,19	35,80 ± 3,67	8,34	8,84	17,92	0,60	0,022*	0,69	0,015*	1,28	0,008*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	50,72 ± 3,25	52,60 ± 2,81	54,80 ± 3,40	3,70	4,18	8,03	0,58	0,018*	0,78	0,016*	1,25	0,001*
Peso (Kg)	69,51 ± 7,99	70,84 ± 9,33	70,90 ± 9,01	1,91	0,15	2,06	0,17	0,35	0,01	0,85	0,18	0,19
Altura (cm)	176,19 ± 5,17	176,63 ± 5,37	176,91 ± 5,52	0,25	0,16	0,41	0,08	0,051	0,05	0,09	0,14	0,045*
%Graso	15,05 ± 3,47	14,08 ± 2,86	12,46 ± 2,57	-6,41	-11,51	-17,19	-0,28	0,030*	-0,57	0,005*	-0,75	0,005*
Masa Muscular (Kg)	58,50 ± 5,37	60,47 ± 6,02	61,49 ± 6,00	3,37	1,68	5,11	0,37	0,016*	0,17	0,003*	0,56	0,003*
Delanteros												
Variables	Pre	Post1	Post2	%cambio Pre-Post1	%cambio Post1-Post2	%cambio Pre-Post2	TE Pre- Post1	<i>p</i>	TE Post1- Post2	<i>p</i>	TE Pre- Post2	<i>p</i>
CMJ (cm)	33,26 ± 3,62	35,07 ± 4,34	37,16 ± 3,92	5,44	5,97	11,73	0,50	0,051	0,48	0,012*	1,08	0,022*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	49,52 ± 4,37	52,09 ± 3,74	53,57 ± 3,93	5,19	2,83	8,17	0,59	0,17	0,39	0,005*	0,93	0,049*
Peso (Kg)	66,47 ± 4,55	69,73 ± 3,43	68,79 ± 3,25	4,90	-1,35	3,49	0,72	0,13	-0,27	0,21	0,51	0,10
Altura (cm)	176,92 ± 4,32	177,20 ± 4,66	177,82 ± 4,80	0,16	0,35	0,51	0,06	0,23	0,13	0,19	0,21	0,17
%Graso	13,10 ± 1,58	12,50 ± 1,70	11,15 ± 1,83	-4,54	-10,83	-14,87	-0,38	0,049*	-0,80	0,016*	-1,24	0,021*
Masa Muscular (Kg)	58,60 ± 4,08	60,46 ± 3,97	61,15 ± 4,03	3,17	1,14	4,35	0,46	0,10	0,17	0,06	0,63	0,049*
Nota: GAUT (grupo autocarga); GSOB (grupo sobrecarga); CMJ (cm: centímetros): Salto con contramovimiento; VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> ) consumo máximo de oxígeno; Kg (kilos); % cambio entre pre vs post; TE: Tamaño del Efecto. P (nivel de significación p<0.05*).												



Por último, en la tabla 30, se observan las diferencias entre posiciones por categoría/tratamiento tras el tratamiento global de 37 semanas. Así pues, en la categoría cadete, sólo se observaron diferencias significativas en GAUTC, en las variables VO<sub>2</sub>max ( $p<0.02$ ) entre centrales y centrocampistas ( $p<0.04$ ), variable peso ( $p<0.013$ ) entre porteros y centrocampistas ( $p<0.04$ ) y variable altura ( $p<0.004$ ) entre porteros y delanteros ( $p<0.02$ ) y centrales y delanteros ( $p<0.012$ ). Con respecto a la categoría juvenil, sólo se observaron diferencias significativas en GSOBJ en las variables CMJ ( $p<0.042$ ) entre porteros y extremos ( $p<0.03$ ) y la variable peso ( $p<0.049$ ) entre extremos y centrocampistas ( $p<0.025$ ).

**Tabla 30.** Diferencias entre posiciones por categoría/tratamiento tras 37 semanas de tratamiento. Se presentan promedios y desviación estándar (Prom  $\pm$  DE).

GAUTC							
Variables	Portero	Central	Lateral	Centrocampo	Extremo	Delantero	<i>p</i>
CMJ (cm)	38,91 $\pm$ 2,87	33,19 $\pm$ 4,42	36,72 $\pm$ 4,74	33,28 $\pm$ 4,40	32,30 $\pm$ 5,16	33,38 $\pm$ 3,28	0,12
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	49,15 $\pm$ 1,19	49,37* $\pm$ 1,39	50,62 $\pm$ 0,89	52,35 $\pm$ 2,07	50,61 $\pm$ 2,35	51,74 $\pm$ 1,15	0,02*
Peso (Kg)	69,35* $\pm$ 3,69	68,93 $\pm$ 8,17	60,40 $\pm$ 4,45	57,70 $\pm$ 6,55	62,74 $\pm$ 5,53	59,37 $\pm$ 6,66	0,013*
Altura (cm)	178,32* $\pm$ 8,14	179,22* $\pm$ 3,36	172,92 $\pm$ 3,89	170,88 $\pm$ 4,34	169,60 $\pm$ 6,16	164,17 $\pm$ 5,80	0,004*
%Graso	13,57 $\pm$ 3,16	13,36 $\pm$ 2,76	10,88 $\pm$ 3,09	9,91 $\pm$ 1,32	11,96 $\pm$ 1,99	10,21 $\pm$ 1,16	0,051
Masa Muscular (Kg)	59,47 $\pm$ 3,88	57,37 $\pm$ 3,41	53,65 $\pm$ 3,30	52,16 $\pm$ 6,08	54,78 $\pm$ 5,14	52,81 $\pm$ 5,51	0,18
GSOBC							
Variables	Portero	Central	Lateral	Centrocampo	Extremo	Delantero	<i>p</i>
CMJ (cm)	39,93 $\pm$ 4,67	37,74 $\pm$ 3,89	34,74 $\pm$ 4,38	35,61 $\pm$ 4,04	34,54 $\pm$ 2,19	36,05 $\pm$ 4,78	0,25
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	50,71 $\pm$ 2,19	52,02 $\pm$ 1,85	51,16 $\pm$ 2,00	50,42 $\pm$ 3,28	48,99 $\pm$ 2,61	50,91 $\pm$ 2,87	0,46
Peso (Kg)	63,42 $\pm$ 6,14	65,16 $\pm$ 13,10	65,00 $\pm$ 5,73	63,55 $\pm$ 5,48	68,31 $\pm$ 9,83	64,87 $\pm$ 12,78	0,90
Altura (cm)	174,34 $\pm$ 2,14	178,72 $\pm$ 3,99	174,73 $\pm$ 7,72	171,99 $\pm$ 6,29	175,96 $\pm$ 7,08	172,48 $\pm$ 7,36	0,47
%Graso	12,58 $\pm$ 2,95	12,74 $\pm$ 4,19	12,64 $\pm$ 2,43	12,73 $\pm$ 4,11	13,82 $\pm$ 2,15	13,99 $\pm$ 3,71	0,95
Masa Muscular (Kg)	57,07 $\pm$ 4,40	55,98 $\pm$ 5,73	58,31 $\pm$ 4,49	56,24 $\pm$ 4,16	59,93 $\pm$ 7,79	56,27 $\pm$ 5,75	0,74
GAUTJ							
Variables	Portero	Central	Lateral	Centrocampo	Extremo	Delantero	<i>p</i>
CMJ (cm)	41,33 $\pm$ 3,34	40,02 $\pm$ 3,73	38,03 $\pm$ 4,10	36,31 $\pm$ 1,97	35,34 $\pm$ 6,03	36,75 $\pm$ 4,15	0,20
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	51,11 $\pm$ 0,73	52,66 $\pm$ 1,33	52,69 $\pm$ 1,17	53,33 $\pm$ 3,20	54,79 $\pm$ 2,91	55,37 $\pm$ 2,70	0,12
Peso (Kg)	64,22 $\pm$ 4,58	71,18 $\pm$ 9,02	67,55 $\pm$ 9,55	72,49 $\pm$ 7,66	66,30 $\pm$ 4,90	65,41 $\pm$ 6,04	0,36
Altura (cm)	171,78 $\pm$ 4,02	179,82 $\pm$ 5,59	177,54 $\pm$ 8,97	181,00 $\pm$ 6,63	175,00 $\pm$ 4,93	174,40 $\pm$ 6,31	0,21
%Graso	11,87 $\pm$ 1,37	12,78 $\pm$ 3,25	11,76 $\pm$ 2,91	12,85 $\pm$ 3,02	13,44 $\pm$ 1,78	10,74 $\pm$ 1,79	0,55
Masa Muscular (Kg)	56,62 $\pm$ 5,29	63,39 $\pm$ 7,02	59,92 $\pm$ 8,28	63,58 $\pm$ 5,44	57,73 $\pm$ 4,79	58,22 $\pm$ 5,25	0,27
GSOBJ							
Variables	Portero	Central	Lateral	Centrocampo	Extremo	Delantero	<i>p</i>
CMJ (cm)	39,57* $\pm$ 2,72	40,38 $\pm$ 2,70	36,76 $\pm$ 1,64	36,41 $\pm$ 3,14	35,80 $\pm$ 3,67	37,16 $\pm$ 3,92	0,042*
VO <sub>2</sub> max (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	51,33 $\pm$ 1,95	52,60 $\pm$ 1,90	52,74 $\pm$ 1,01	54,01 $\pm$ 2,12	54,80 $\pm$ 3,40	53,57 $\pm$ 3,93	0,28
Peso (Kg)	69,52 $\pm$ 7,04	67,71 $\pm$ 4,07	65,86 $\pm$ 6,31	64,11 $\pm$ 8,82	70,94* $\pm$ 9,01	68,79 $\pm$ 3,25	0,049*
Altura (cm)	178,45 $\pm$ 7,76	172,37 $\pm$ 2,19	173,71 $\pm$ 7,17	173,53 $\pm$ 8,72	176,91 $\pm$ 5,52	177,82 $\pm$ 4,80	0,50
%Graso	12,02 $\pm$ 1,85	10,82 $\pm$ 1,80	10,88 $\pm$ 2,12	11,56 $\pm$ 1,88	12,46 $\pm$ 2,57	11,15 $\pm$ 1,83	0,64
Masa Muscular (Kg)	61,77 $\pm$ 6,39	60,45 $\pm$ 2,50	58,77 $\pm$ 5,48	56,84 $\pm$ 7,41	61,49 $\pm$ 6,00	61,15 $\pm$ 4,03	0,56

**Nota:** GAUT (grupo autocarga); GSOB (grupo sobrecarga); CMJ (cm: centímetros): Salto con contramovimiento; VO<sub>2</sub>max (ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) consumo máximo de oxígeno; Kg (kilos); % cambio entre pre vs post; TE: Tamaño del Efecto. P (nivel de significación  $p<0.05$ ).

# **CAPÍTULO V: DISCUSIÓN**

## 5.1. Discusión

A efectos prácticos, la discusión de la presente tesis doctoral cuyo título es “Efectos de dos modelos de entrenamiento de fuerza sobre el salto vertical, el consumo máximo de oxígeno y la composición corporal (CC) durante una temporada en jugadores jóvenes de fútbol atendiendo a la categoría y puesto específico”, se agrupará en las 3 variables de rendimiento analizadas (CMJ, VO<sub>2</sub>max y CC), las cuáles, se analizarán y discutirán variable por variable, intentando comprender los resultados obtenidos y contextualizarlos con los datos existentes en la literatura.

El enfoque innovador de este estudio longitudinal fue comprobar los efectos de dos modelos de entrenamiento de fuerza ([Autocargas (AUT) vs Sobrecargas (SOB)] en el rendimiento físico de jugadores jóvenes de fútbol de categoría cadete y juvenil, durante una temporada de fútbol completa (37 semanas). El hallazgo importante en nuestra investigación es que nuestros resultados corroboran nuestra hipótesis principal, ya que las diferentes metodologías de entrenamiento de la fuerza utilizadas en los tratamientos, han producido un efecto positivo sobre los diferentes parámetros determinantes del rendimiento en fútbol como el salto vertical (CMJ) y el VO<sub>2</sub>max, así como cambios en la CC. Esto es un dato esclarecedor en las investigaciones en jugadores jóvenes de fútbol y que puede ser extrapolado al resto de la población ubicada en estos rangos de edad. La falta de recursos humanos y materiales en el campo de la investigación deportiva y más en concreto del fútbol formativo, hace que esta investigación cobre una importancia significativa, ya que, existen pocos estudios longitudinales centrados en el crecimiento, la maduración y el rendimiento de los deportistas jóvenes (Williams, Oliver, & Faulkner, 2011). También debemos valorar que la disposición de ambos tratamientos se realizó siguiendo una distribución en circuito, ya que se ha demostrado que los entrenamientos en circuito son sistemas de entrenamiento muy versátiles, y que pueden ser adaptados a multitud de situaciones y diferentes poblaciones con diversos niveles de condición física (Carrasco-Martínez, Marín-Pagán, & Alcaraz-Ramón, 2019; Klika & Jordan, 2013).

### 5.1.1. Salto con contramovimiento (CMJ).

Numerosas asociaciones nacionales y múltiples revisiones han documentado la seguridad y la eficacia del entrenamiento de fuerza para niños y adolescentes. La literatura destaca los aumentos significativos en la fuerza asociados con el entrenamiento de fuerza juvenil inducidos por el entrenamiento (Faigenbaum, 2018). Aún así, debemos tener en cuenta que los procesos de entrenamiento y la edad pueden afectar notablemente el rendimiento de salto en los futbolistas jóvenes (Falces-Prieto *et al.*, 2020; Falces-Prieto, Cara-Muñoz, Sáez de Villarreal, 2018; Quagliarella *et al.*, 2011). En el fútbol, la acción del salto, es una acción repetida en múltiples ocasiones (Jiménez, Parra, Pérez, & Grande, 2009), ya que, los futbolistas suelen realizar acciones de salto sobre todo cuando se acercan al balón, corren, esprintan y/o disparan a portería (Quagliarella *et al.*, 2011). Para mejorar la capacidad de realizar las acciones de alta intensidad que se suceden durante el juego, el entrenamiento de fuerza cobra un papel fundamental en la optimización del rendimiento (Cronin & Hansen, 2005). Numerosos estudios (Marques, Pereira, Reis, & Van den Tillaar, 2013; Ramírez-Campillo *et al.*, 2014; Shalfawi, Haugen, Jakobsen, Enoksen, & Tønnessen, 2013; Sedano, Matheu, Redondo, & Cuadrado, 2011; entre otros) han medido la altura del salto vertical, como un indicador de potencia muscular en los miembros inferiores en jugadores de fútbol. La relación entre trabajos de fuerza

y mejora en CMJ queda reflejada en estudios como el de Méndez-Galvis, Márquez-Arabia, & Castro-Castro, (2007), en donde implementaron un trabajo de fuerza máxima entre el 75 y 85% de 1-RM en 60 jugadores de fútbol, produciendo mejoras en CMJ estadísticamente significativas ( $p<0.05$ ), tanto a las 6 semanas, como entre las 6 y las 12 semanas.

Analizando los efectos de los diferentes tratamientos de fuerza en nuestro estudio y su relación con la altura en salto vertical, se observaron mejoras en ambos tratamientos [GAUT ( $p<0.032$ ); GSOB ( $p<0.001$ )], confirmando así nuestra hipótesis con respecto a la efectividad de ambos tratamientos de fuerza. Estos datos van en concordancia con el estudio de Falces-Prieto *et al.*, (2020). Estos autores tras realizar un tratamiento de fuerza con autocargas durante 2 días a la semana y con una duración total de 8 semanas en jugadores jóvenes de fútbol, encontraron mejoras significativas en el CMJ para la categoría U19 (8 %). Con respecto a los resultados obtenidos en esta investigación tanto en grupo autocargas como en sobrecargas, Markovic, Mirkov, Knezevic, & Jaric, (2013), investigaron los efectos de diferentes tipos de cargas externas sobre el rendimiento y producción de potencia del salto vertical CMJ en hombres físicamente activos durante 8 semanas, mostrando mejoras tanto en la altura como en la producción de potencia en el grupo sin cargas ( $p<0.01$ ), grupo con carga negativa ( $p<0.05$ ) y grupo con carga positiva ( $p<0.01$ ). Por otro lado, Kanda *et al.*, (2018), mostraron que los ejercicios con autocargas de baja intensidad y velocidad de ejecución lenta, tuvieron un efecto de mejora en la función motora similar a los efectos producidos con movimientos lentos en máquinas con sobrecarga.

Si nos centramos en la viabilidad de aplicar dos días de entrenamiento de fuerza a la semana en jugadores jóvenes de fútbol y su efectividad para la mejora del desarrollo neuromuscular, podemos afirmar que nuestros resultados van en concordancia con investigaciones anteriores realizadas en jugadores jóvenes de fútbol [TE: 0.86 (Christou *et al.*, 2006); TE: 0.62 (Chelly *et al.*, 2009)], después de un programa de fuerza con cargas moderadas y altas, respectivamente durante dos días en semana más su entrenamiento de fútbol habitual. Sáez de Villarreal, Suárez-Arrones, Requena, Haff, & Ferrete, (2015), determinaron la influencia de un entrenamiento pliométrico y de velocidad combinado realizado dos días por semana durante 9 semanas, en jugadores jóvenes de fútbol ( $n= 26$ ; 14-15 años). El programa consistió en una combinación de ejercicios pliométricos y de esprint, cuya carga fue el propio peso corporal (o peso corporal más cargas ligeras). Los resultados indicaron mejoras significativas en el CMJ para el grupo experimental ( $p<0.05$ ). De otro lado, De Hoyo *et al.*, (2016), analizaron los efectos de 3 métodos de entrenamiento de fuerza diferentes de carga baja / moderada (sentadilla completa, sprint resistido con trineo y entrenamiento pliométrico y específico) en jugadores de fútbol jóvenes (U19), en las variables de velocidad, salto vertical y cambio de dirección, con 2 sesiones específicas de fuerza por semana, además de sus sesiones normales de entrenamiento durante 8 semanas. Se encontraron mejoras sustanciales en cada grupo en comparación con los resultados de las pruebas preliminares en el rendimiento de CMJ ([ES]: (0,50– 0,57). Igualmente, Comfort *et al.*, (2014), mostraron que un entrenamiento de fuerza máxima en sentadillas en 34 jóvenes futbolistas, entrenados durante media temporada combinando 4-5 sesiones de entrenamiento técnico-táctico específico más 2 sesiones de entrenamiento de fuerza por semana, mejoraron los parámetros en CMJ ( $p<0,001$ ). Por su parte, Christou *et al.*, (2006), también evidenciaron

mejoras significativas en el rendimiento de CMJ (TE: 1,49) en jugadores jóvenes de fútbol (U15) con un programa de fuerza máxima con cargas de entre el 55–80% de 1 repetición máxima (1RM) realizado 2 veces por semana durante 8 semanas. De manera similar y atendiendo a nuestros % de mejora, Meylan & Malatesta (2009) observaron que 8 semanas de entrenamiento pliométrico de baja intensidad (2 intervenciones de entrenamiento por semana) implementadas en conjunto con el programa de entrenamiento específico de fútbol de jugadores adolescentes de fútbol ( $13.3 \pm 0.6$  años) resultaron en tiempos de sprint de 10 m significativamente mejorados (22.1%) y altura de salto CMJ (7.9%). Ramírez-Campillo *et al.*, (2015), demostraron que tras un entrenamiento de fuerza pliométrica combinado (vertical y horizontal) realizado dos días en semana, en jugadores jóvenes de fútbol durante 6 semanas, se produjeron mejoras significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la capacidad de salto (12.3 %). Franco-Márquez *et al.*, (2015), demostraron mejoras de hasta el 9 % en CMJ en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=22$ ; sub 15) tras realizar un entrenamiento combinado de pliometría y fuerza con cargas de entre el 45-60% de 1RM, realizado dos días en semana durante 6 semanas. Por lo tanto, parece que dos sesiones de entrenamiento de fuerza por semana más la dinámica normal de entrenamiento técnico-táctico, son una buena opción para influir en el desarrollo multidimensional del rendimiento muscular (Otero-Esquina, De Hoyo, Gonzalo-Skok, Domínguez-Cobo, & Sánchez, 2017; Sánchez-Sánchez, Pérez, Yagüe, Royo, & Martín, 2015).

La mayoría de los estudios bien diseñados, que han mostrado mejoras de la fuerza, han utilizado una frecuencia media de  $2.7 \pm 0.8$  sesiones a la semana en días alternos (Peña *et al.*, 2016) y de 8 semanas de duración (Falces-Prieto *et al.*, 2020). Sin embargo, una temporada de fútbol son más de 8 semanas y se hace importante valorar a nivel longitudinal la efectividad de los programas de entrenamiento de fuerza en el tiempo. De esta forma, las adaptaciones neuromusculares irán de la mano del desarrollo del jugador y no estarán focalizadas en un tramo temporal de tan corta duración. Nuestras mejoras del rendimiento en CMJ tras 37 semanas, tanto en GAUT ( $p < 0.032$ ; TE: 1.14), como en GSOB ( $p < 0.001$ ; TE: 1.29), presentan similitud con diversos estudios longitudinales. Así pues, Ferrete, Requena, Suárez-Arrones, & Sáez de Villarreal, (2014) realizaron un entrenamiento durante 2 días a la semana durante 26 semanas en jugadores jóvenes de fútbol ( $9.32 \pm 0.25$  años) usando el peso corporal del jugador (o peso corporal más resistencias ligeras) como resistencia externa y encontraron mejoras en el CMJ en el grupo experimental ( $p \leq 0.05$ ; TE: 0.37). Teniendo en cuenta la temporalidad de nuestro estudio, nuestros datos son similares a los aportados por Lesinski, Prieske, Helm, & Granacher, (2017). Estos autores aplicaron un diseño de estudio longitudinal prospectivo para monitorear sistemáticamente los datos de entrenamiento y rendimiento, la antropometría y la CC de un equipo de fútbol juvenil de élite femenino ( $n= 17$ ;  $15.03 \pm 0.5$  años) durante la temporada 2015/2016, encontrando aumentos significativos en el CMJ ( $p < 0.01$ ).

Con respecto a la muestra ( $n= 144$ ), temporalidad (1 temporada) y contexto de nuestra investigación (academia de alto rendimiento en fútbol), encontramos similitud con otros estudios longitudinales. Keiner, Sander, Wirth, & Schmidtbleicher, (2014), también evaluaron en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=70$ ; 9-12 años), los efectos de un entrenamiento de fuerza y pliometría adicional a su entrenamiento de fútbol durante dos años y los efectos sobre el SJ, CMJ y DJ. Los resultados indicaron que tanto el grupo control como el grupo experimental,

mejoraron en los tres test de rendimiento ( $p<0.05$ ), sin embargo, el grupo experimental presentó mayores mejoras de rendimiento ( $p<0.05$ ) con respecto al grupo control. Estos datos van en concordancia con nuestro estudio, ya que, tanto el tratamiento GAUT como el GSOB presentaron mejoras de rendimiento significativas, aunque con un % de cambio mayor (17.54 %) en el tratamiento GAUT. Por su parte, Sander, Keiner, Wirth, & Schmidtbleicher, (2013), evaluaron la influencia de un programa de entrenamiento de fuerza durante 2 años en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=134$ ), encontrando mejoras significativas sobre el test 1 RM ( $p<0.001$ ) y el tiempo en 30 m esprint ( $p<0.001$ ). Carling, Le Gall, & Malina, (2012), tuvieron como objetivo comparar los cambios antropométricos, maduración esquelética y características funcionales de futbolistas jóvenes ( $n=158$ ;  $13.4 \pm 0.4$  años) que ingresaron en una academia de élite entre 1992 y 2003, observando cambios en la variable altura del salto vertical (TE: 1.22). De la misma manera, el estudio de Le Gall, Carling, Williams, & Reilly, (2010), tuvo como objetivo comparar las características antropométricas y físicas de jugadores de fútbol juvenil ( $n=161$ ; sub 14, 15 y 16) de un centro de desarrollo francés de élite durante un periodo de 11 años (1994-2005), y valorar si la efectividad de los programas de entrenamiento tuvo o no éxito, en su progreso profesional. Así pues, los resultados indicaron que los jugadores que llegaron a ser profesionales, obtuvieron mejoras significativas en el salto CMJ ( $p<0.05$ ; TE: 0.53) y el rendimiento en 40 m esprint ( $p<0.05$ ; TE: 0.50).

Di Giminiani & Visca (2017), tuvieron como objetivo, investigar las adaptaciones en la fuerza explosiva y a nivel cardiovascular en jugadores jóvenes de fútbol de élite ( $n=19$ ;  $13.3 \pm 0.1$  años) que realizaron un programa de entrenamiento supervisado (110-120 min por semana a entrenamiento técnico-táctico y 110-130 min por semana a entrenamiento de fuerza), durante un período de dos años. Los resultados fueron en concordancia con nuestro estudio, ya que, demostraron mejoras tanto en SJ ( $p<0.0001$ ), como en CMJ ( $p<0.001$ ) tras el periodo experimental. Por último, el estudio longitudinal de Williams *et al.*, (2011), tuvo como objetivo principal evaluar longitudinalmente las características de velocidad y rendimiento de salto de los futbolistas jóvenes ( $n=200$ ) pertenecientes a una academia de fútbol, durante un período de 3 años. Así pues, y al igual que en nuestro estudio, se evidenciaron mejoras significativas para los grupos U14 ( $p<0.01$ ), U15 ( $p<0.01$ ) y U16 ( $p<0.05$ ), en el salto vertical CMJ.

En el campo de la investigación deportiva, existe un interés creciente en la idea de que las diferencias interindividuales en la maduración biológica entre jugadores de la misma categoría pueden influir en el rendimiento relacionado con la fuerza, así como en las adaptaciones específicas del entrenamiento de fuerza (Asadi, Ramírez-Campillo, Arazi, & Sáez de Villarreal, 2018; Peña-González, Fernández-Fernández, Cervelló, & Moya-Ramón, 2019). Con respecto a los efectos de ambos tratamientos atendiendo a la categoría, en el grupo cadete se mejoró significativamente el salto CMJ tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto con el tratamiento GAUTC (TE: 0.87), como con el tratamiento GSOBC (TE: 1.81), respectivamente. Mismos efectos se produjeron en la categoría juvenil tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en con el tratamiento GAUTJ (TE: 1.10), como con el tratamiento GSOBJ (TE: 1.47). Aunque en ambos grupos se produjo un aumento de la variable altura del CMJ, los mejores resultados se dieron tanto en el grupo juvenil con el tratamiento GAUTJ (37.47 cm), como en el grupo juvenil con el tratamiento GSOBJ (37.40 cm). Estos resultados fueron similares a los

encontrados por Falces-Prieto *et al.*, (2020) y Malina, Eisenmann, Cumming, Ribeiro & Aroso (2004), los cuales, indicaron que la mejora en la capacidad de salto parece ir paralela a la maduración biológica de los jóvenes futbolistas. Por lo tanto, este efecto podría atribuirse a la mayor cantidad de testosterona producida, lo que mejoraría el sistema nervioso y favorecería la expresión fenotípica de las fibras rápidas (Almáinan, 2018; Carling *et al.*, 2012; Izquierdo & Ibáñez, 2017).

Las diferentes metodologías de entrenamiento de fuerza propuestas en este estudio han demostrado ser efectivas para producir mejoras significativas en el rendimiento del test CMJ, sin embargo, uno de los dos tratamientos ha demostrado ser ligeramente más efectivo sobre el otro. Así pues, tras un entrenamiento de 37 semanas, el tratamiento GAUT presentó un % de cambio ligeramente mayor (17.54 %). Tanto en la categoría cadete como en juvenil, el tratamiento GSOB presentó un % de cambio mayor (22.32 %; 16.61 %), respectivamente, frente al tratamiento GAUT. Este marco comparativo puede verse refrendado en la literatura con diferentes estudios que comparan los efectos de dos programas de entrenamiento de fuerza sobre el CMJ. Raya-González, Suárez-Arrones, Moreno-Puente, Ruiz-Márquez, & Sáez de Villareal, (2017), compararon el efecto de dos programas de entrenamiento neuromuscular (orientación vertical vs horizontal), realizados durante 6 semanas, sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol ( $16,6 \pm 0,3$  años), obteniendo mejoras sustanciales en CMJ sólo en el grupo de orientación vertical (TE: 0.49). De otro lado, Thomas, French, & Hayes, (2009), evaluaron el efecto de 2 entrenamientos pliométricos (grupo CMJ y grupo Drop Jump) en jugadores jóvenes de fútbol ( $17,3 \pm 0,4$  años) durante 6 semanas sobre la variable CMJ, test de agilidad y rendimiento en sprint. Los resultados indicaron mejoras del rendimiento significativas en CMJ ( $p \leq 0.05$ ) y test de agilidad ( $p \leq 0.05$ ) en ambos grupos. Buchheit, Méndez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, (2010), compararon los efectos de dos programas de fuerza [fuerza explosiva (ExpS) vs entrenamiento repetido de esprint (RS)] en jóvenes jugadores de fútbol de élite ( $14.5 \pm 0.5$  años), realizado una vez por semana por un total de 10 semanas, además de su entrenamiento de fútbol. Estos autores mostraron que ambos tratamientos presentaron mejoras en la variable CMJ ( $p < 0.05$ ), aunque el tratamiento ExpS tendió a inducir mayores mejoras en CMJ ( $p < 0.02$ ) con respecto al tratamiento RS.

Por su parte, Los Arcos *et al.*, (2014), compararon los efectos de 2 programas de fuerza (orientación vertical, OV vs orientación horizontal, OH) en jugadores de fútbol profesionales realizado 2 días en semana durante 8 semanas, demostrando mejoras significativas en el CMJ en el grupo OH (TE: 0.34; 3.49 %). Por último, Hammami, Gaamouri, Shephard, & Chelly, (2019), tuvieron como objetivo comparar los efectos de 2 programas diferentes de entrenamiento de fuerza de 8 semanas en la temporada (entrenamiento de fuerza de contraste [CST] vs entrenamiento pliométrico [PT]) en diferentes pruebas de rendimiento, entre las que se incluyó el CMJ en 40 jugadores jóvenes de fútbol ( $15.8 \pm 0.4$  años) divididos en tres grupos (Grupo Control= 12; Grupo Contraste: 14; Grupo Pliometría: 14). La mayoría de las puntuaciones de CMJ aumentaron significativamente tanto en GContraste (23.03 %), como en GPliometría (14.09 %), en relación con el GControl (-1.84 %).

Si focalizamos la atención al análisis de esta variable de rendimiento según la demarcación en categoría cadete, nos encontramos que la demarcación con mejor salto vertical significativo,

fue para los defensas centrales del tratamiento GSOBC (37.74 cm;  $p < 0.005$ ; TE: 1.98) y la que presentó menor salto vertical significativo fueron los extremos del tratamiento GAUTC (32.30 cm;  $p < 0.001$ ; TE: 1.15). Con respecto a la categoría juvenil la posición con mejor salto vertical significativo, fue para los porteros del tratamiento GAUTJ (41.33 cm;  $p < 0.01$ ; TE: 1.51) y la que presentó menor salto vertical significativo, fueron los extremos del tratamiento GAUT (35.34 cm;  $p < 0.001$ ; TE: 0.40). Podemos observar que en nuestra investigación y al igual que en otros estudios, los porteros y los defensas, son los que tienen una mayor habilidad para saltar (Calahorra-Cañada, Zagalaz-Sánchez, Lara-Sánchez, & Torres-Luque, 2012; Doğan, 1995; Güllü & Abdullah, 1996; Sever & Zorba 2017). En el marco comparativo de demarcaciones y mejora de rendimiento en CMJ de nuestra investigación, encontramos que en la categoría juvenil con tratamiento GSOBJ, se produjo una mayor diferencia ( $p < 0.042$ ) a favor de los porteros con respecto a los extremos ( $p < 0.03$ ). Estos datos son contrarios a los encontrados por Carling *et al.*, (2012). Este autor indicó que el mejor rendimiento en salto vertical fue a favor de los delanteros con respecto a los centrocampistas (TE: 0.69). Por otro lado, Sever & Zorba, (2017), no encontraron diferencias significativas ( $p < 0.415$ ) en CMJ para ninguna de las diferentes posiciones (portero, defensores, centrocampistas y delanteros) en jugadores jóvenes de fútbol ( $n = 152$ ;  $17.48 \pm 2.89$  años) de la liga turca, aunque la potencia anaeróbica, el salto vertical y los valores del índice de fatiga son mayores en el grupo de ( $\geq 17$  años) con respecto al grupo ( $\leq 16$  años), al igual que ocurre en nuestro estudio con la categoría juvenil ( $p < 0.01$ ) frente a la categoría cadete ( $p < 0.005$ ).

Por último, debemos indicar que existen estudios que no han mostrado mejoras significativas en el salto vertical después de entrenamientos de fuerza (Gorostiaga *et al.*, 2004; Mujika, Santisteban, & Castagna, 2009). Aun así, debemos tener en cuenta que, aunque se produjeron aumentos en la variable CMJ con ambos tratamientos, estos aumentos demostraron no ser significativos. Estos fueron el tratamiento global de 15 y 22 semanas en grupo GSOB ( $p < 0.08$ ;  $p < 0.11$ ). En categoría cadete, el tratamiento de 15, 22 y 37 semanas de GAUTC ( $p < 0.06$ ;  $p < 0.07$ ;  $p < 0.08$ ) y 15 y 37 semanas de GSOBC ( $p < 0.32$ ;  $p < 0.15$ ) en porteros, el tratamiento de 15 semanas de GSOBC ( $p < 0.15$ ) en centrales y el tratamiento GAUTC ( $p < 0.15$ ) en los delanteros. Atendiendo a la categoría juvenil, el tratamiento GAUTJ y GSOBJ de 22 semanas ( $p < 0.13$ ) y el tratamiento GSOBJ de 37 semanas ( $p < 0.09$ ) en porteros, los tratamientos GAUTJ y GSOBJ de 15 semanas ( $p < 0.09$ ;  $p < 0.06$ ) y el tratamiento de GSOBJ de 22 semanas ( $p < 0.07$ ) en defensas centrales, el tratamiento de 15 semanas GSOBJ ( $p < 0.06$ ) en laterales y el tratamiento de 15 semanas GSOBJ ( $p < 0.051$ ) en delanteros. Datos similares a nuestros resultados los encontramos en los estudios de Romero-Boza *et al.*, (2014), donde evaluaron el efecto de un entrenamiento de fuerza con sistema isoinercial durante 15 semanas en jugadores de fútbol de élite en CMJ, sin obtener resultados significativos en esta variable ( $p < 0.05$ ) y Falces-Prieto *et al.*, (2020), los cuáles, aunque mostraron aumento de la altura en CMJ, no evidenciaron cambios significativos en CMJ en los grupos U16 ( $p < 0.11$ ), U17 ( $p < 0.96$ ) y U18 ( $p < 0.11$ ), tras un tratamiento de fuerza con autocargas de 8 semanas duración y realizado 2 días por semana en jugadores jóvenes de fútbol. Por último, Ronnestad, Kvamme, Sunde, & Raastad. (2008), tampoco evidenciaron mejoras en la capacidad de salto tras la aplicación durante siete semanas de un programa de fuerza prioritariamente horizontal en futbolistas profesionales.



Teniendo en cuenta toda esta información, podemos indicar que, aunque en la categoría juvenil se hayan dado los mayores resultados en la variable CMJ debido principalmente a que ya presentan un estado madurativo más avanzado, los % de cambio mayores se han dado en la categoría cadete. Esto puede ser debido, a que, están aún en proceso de desarrollo músculo-esquelético y madurativo y, por ende, la adaptación neuromuscular es mayor. Estas diferencias pueden ayudar a explicar e interpretar ciertos resultados en las valoraciones condicionales entre los diferentes estados madurativos (Soarez, Frago, Massuca, & Barrigas, 2012). Con respecto al uso del CMJ como herramienta de evaluación, podemos indicar que se ha propuesto como una prueba muy adecuada para la evaluación de la potencia muscular por su validez y fiabilidad y porque su medición prácticamente no provocó fatiga en los deportistas. Además, la altura alcanzada en la evaluación del salto vertical se puede utilizar como un indicador de la carga de entrenamiento en términos de porcentaje de 1-RM sin realizar una prueba real de 1-RM (Jiménez-Reyes *et al.*, 2015). Estos hallazgos podrían tener importantes implicaciones prácticas para la programación y el monitoreo de cargas de entrenamiento. Por último, las adaptaciones neuromusculares observadas en este estudio, nos indican la validez y efectividad, de aplicar 2 estímulos de entrenamiento de fuerza semanales en jugadores jóvenes, aunque las mejoras de rendimiento irán acompañadas del desarrollo madurativo individual de cada jugador.

#### **5.1.2. Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max).**

La frecuencia cardíaca, el lactato sanguíneo y el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max), son las principales variables fisiológicas que se han utilizado en mayor medida para definir las intensidades absolutas y relativas de las cargas de entrenamiento (Blanco-Nesperia & Enseñat-Solé, 1998; Sánchez-Oliva, Santalla, Candela, Leo, & García-Calvo, 2014). En fútbol, la mayoría de los movimientos se llevan a cabo sin la posesión de balón (Bangsbo, 2014), significando esto, que los jugadores que puedan sostener un mayor ritmo de trabajo a lo largo del partido, tendrán una ventaja respecto a los adversarios de su mismo nivel cuya energía, expresada en depósitos de glucógeno, se agotara a medida que se acerque el final del partido (Helgerud, Engen, L. Wisloff, & Hoff, 2001; Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000).

La mayoría de las actividades realizadas por los jugadores en ausencia del balón tendrán un carácter eminentemente aeróbico (Helgerud *et al.*, 2001), mientras que las situaciones en las que los jugadores tienen relación directa con el balón, tendrán una predominancia de las rutas metabólicas anaeróbicas (Abt & Lovell, 2009). Con respecto a la relación entre VO<sub>2</sub>max y el rendimiento en el fútbol, debemos indicar que es de suma importancia (Flouris *et al.*, 2004), aunque no parece ser un factor limitante del rendimiento (Sánchez & Salas, 2009), ya que, el rendimiento deportivo de un futbolista depende entre otros factores los contenidos técnicos, tácticos, psicológicos y sociales de la acción futbolística (Vargas, 2007). Aún así, el VO<sub>2</sub>max del futbolista se ha demostrado como una variable relacionada con la distancia total que puede llegar a cubrir un jugador durante un partido, así como el número total de aceleraciones, la distancia cubierta a velocidad de esprint y el número de intervenciones directas que realizan con balón (De Calasanz, García-Martínez, Izquierdo, & García-Pallarés, 2013).

Con respecto a los grupos prepúberes, Fernández-Fairen & Busco-Villarreal (2009), nos indican que el metabolismo del niño es en general menos eficaz que el del adulto en lo que a actividad física se refiere: Para actividades prolongadas o de «fondo» de unos pocos minutos a varias

horas, poco frecuentes en estas edades, experimenta un mayor costo metabólico y requiere más oxígeno por kg de peso corporal que el adulto con un rendimiento menor proporcionalmente. Esto también ocurre en las actividades «explosivas» o «anaeróbicas» de menos de un minuto de duración, que, aunque son típicas de su edad, tienen un mayor costo metabólico por su menor eficiencia en utilizar el glucógeno (Inbar & Bar-Or, 1986). Sin embargo, tras contrastar numerosas experiencias, se puede observar que la evolución del  $\text{VO}_2\text{max}$  es un parámetro íntimamente ligado al desarrollo puberal del sujeto, encontrándose los mayores valores individuales en este periodo de la vida (Gómez-Piqueras, Aranda-Malavés, & Ferrer-López, 2010). Esto lo podemos observar al comparar los valores obtenidos para el parámetro marcador de la potencia aeróbica ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) al final de nuestro estudio longitudinal. Así pues, alcanzamos valores ligeramente inferiores, tanto en categoría cadete [GAUTC (50.90 ml/kg/min); GSOBC (52.49 ml/kg/min)], como en categoría juvenil [GAUTJ (53.46 ml/kg/min); GSOBJ (51.49 ml/kg/min)], con respecto a los citados tanto por Chamari *et al.*, (2004; 2005), para una muestra de futbolistas similares en cuanto a edad (61–65 ml/Kg/min) y el estudio de Gómez-Piqueras, Aranda-Malavés, & Ferrer-López, (2010) en jugadores de 15 años (56,4 ml/kg/min), 16 años (56,44 ml/kg/min), 17 años (56.16 ml/kg/min) y jugadores de 18 años (58.11 ml/kg/min).

Los programas de entrenamiento publicados, aconsejan a los jugadores entrenar simultáneamente las cualidades de fuerza y potencia, ya que, son dos de las capacidades físicas más importantes a desarrollar en fútbol (Hennessy & Watson, 1994). Según Heredia-Elvar & García-Orea (2019), en el contexto deportivo todas las especialidades, dependiendo de su naturaleza, necesitan desarrollar un mínimo de fuerza y resistencia para alcanzar el máximo rendimiento. Así, según González-Badillo & Ribas-Serna (2002), cuando el resultado deportivo depende claramente de la fuerza (deportes de corta/media duración y alta aplicación de fuerza con acciones aisladas o diversas continuas pero intermitente, como el fútbol), lo más prudente será no entrenar la resistencia o hacerlo de una manera muy específica. En este caso, esta tesis siguió estas recomendaciones, ya que, el entrenamiento de “resistencia” específico, fueron los entrenamientos técnico-tácticos, realizados con tareas con alta especificidad como juegos reducidos, juegos de posesión/mantenimiento y partido real, por su alta transferencia al juego (Falces-Prieto *et al.*, 2015).

Sin embargo, y con respecto a la relación entre entrenamiento de fuerza y resistencia, Dudley & Djamil, 1985 nos indican que el entrenamiento de resistencia inhibe o interfiere sobre el desarrollo de la fuerza y viceversa. Por el contrario, Hunter, Demment, & Miller, (1987), evidenciaron que la variable fuerza no se vio comprometida en grupos previamente entrenados en resistencia. Además, otros autores informan que no hay interferencia para el desarrollo de la fuerza y la resistencia durante el entrenamiento simultáneo de ambos (Asfour, Ayoub, & Mital, 1984; Gettman, Ward, & Hagan, 1982). Sin embargo, la mejora del  $\text{VO}_2\text{max}$  después de los programas de entrenamiento de fuerza, se ha visto favorecida por aumentos de la capacidad oxidativa muscular a través del aumento de la citrato-sintasa y la producción de ATP muscular (Santos *et al.*, 2018). Por tanto, la combinación de ambos métodos de entrenamiento, pueden activar diferentes procesos anabólicos o catabólicos que son modulados por respuestas endocrinas al ejercicio y al entrenamiento, produciendo adaptaciones positivas en el organismo

(Barakat, Pearson, Escalante, Campbell, & De Souza, 2020; Sporiš, Jovanovic, Krakan, & Fiorentini, 2011).

Esta información va en concordancia con los datos de nuestro estudio, los cuáles mostraron aumentos significativos del VO<sub>2</sub>max en jugadores jóvenes de fútbol, tras el tratamiento de 37 semanas tanto en el tratamiento GAUT ( $p<0.001$ ; TE: 1.23), como en el tratamiento GSOB ( $p<0.001$ ; TE: 1.10), quedando confirmada la hipótesis de nuestra investigación. Además, debemos indicar, que nuestras mejoras en el VO<sub>2</sub>max tras 37 semanas de entrenamiento con una disposición en circuito en ambas categorías, va en concordancia con el estudio de Jukic *et al.*, (2020), los cuáles, evidenciaron que esta disposición del entrenamiento fue efectiva para el desarrollo concurrente del VO<sub>2</sub>max. Siguiendo esta línea, encontramos el estudio de Gettman & Pollock, (1981), los cuales demostraron mejoras en el VO<sub>2</sub>max de aproximadamente 5 al 10 %, tras realizar entrenamientos con pesas y/o resistencias ligeras en formato circuito.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los % de mejora tanto en categoría cadete [GAUTC (6.62 %); GSOBC (6.77 %)], como en categoría juvenil [GAUTJ (6.52 %); GSOBJ (6.80 %)] respectivamente, podemos indicar que nuestros resultados van en la línea de estudios que han encontrado mejoras en el VO<sub>2</sub>max de hasta el 23% después de un entrenamiento de fuerza con sobrecargas (Carrasco-Martínez *et al.*, 2019). Así pues, y en la línea de nuestros resultados, Grieco, Cortes, Greska, Lucci, & Onate, (2012), también evidenciaron que tras un entrenamiento combinado de fuerza y pliometría durante 10 semanas en jugadoras de fútbol ( $19.0 \pm 0.7$  años), se produjo un aumento significativo (10.5%;  $p<0.008$ ) sobre el VO<sub>2</sub>max. Por su parte, Ramírez-Campillo *et al.*, (2015), demostraron que tras un entrenamiento de fuerza pliométrica combinado (vertical y horizontal) en jugadores jóvenes de fútbol realizado dos días por semana durante 6 semanas, se produjeron mejoras significativas ( $p\leq 0.05$ ) en la potencia aeróbica (15.5 %). Además, Los Arcos *et al.*, (2014), compararon los efectos de 2 programas de fuerza (orientación vertical, OV vs orientación horizontal, OH) en jugadores de fútbol profesionales realizado 2 días en semana durante 8 semanas, demostrando igualmente mejoras significativas en el test de resistencia, tanto en el grupo OV (TE: 1.89; 8.29 %), como en el grupo OH (TE: 0.71; 3.43 %).

En lo que respecta a las mejoras producidas en el componente cardiorrespiratorio tras un entrenamiento de fuerza longitudinal, nuestros datos presentan semejanza con los siguientes estudios. En primer lugar, Ruivo, Carita, & Pizarat-Correia, (2016), también encontraron mejoras significativas en el VO<sub>2</sub>max ( $53,3 \pm 2,4$  vs  $54,7 \pm 3,3$  ml/kg/min) ( $p\leq 0,05$ ) en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=28$ ;  $16.2 \pm 1.1$  años), tras un entrenamiento de fuerza basado en ejercicios dinámicos de peso libre y máquinas, con cargas en torno al 65 % 1 RM, realizado 3 días en semana durante un periodo de 16 semanas. Por su parte, Sporiš *et al.*, (2011), también evidenciaron mejoras en la potencia aeróbica del 4.3 % en jugadoras de fútbol femenino ( $n=24$ ; Sub 20) tras completar un programa de entrenamiento de fuerza durante 12 semanas.

Continuamos con el estudio de Ferrete *et al.*, (2014). Estos autores también evidenciaron incrementos significativos ( $p<0.05$ ) en el test Yo-Yo en el grupo control y experimental, entre el pre y post-test (49.57%, ES = 1.39; 19.67%, ES = 0.55), tras un entrenamiento de fuerza y entrenamiento de alta intensidad durante 26 semanas en grupos prepúberes. Di Giminiani &

Visca (2017), tuvieron como objetivo investigar las adaptaciones en la fuerza explosiva y a nivel cardiovascular en jugadores jóvenes de fútbol de élite ( $n=19$ ;  $13.3 \pm 0.1$  años) que realizaron un programa de entrenamiento supervisado (110-120 min por semana a entrenamiento técnico-táctico y 110-130 min por semana a entrenamiento de fuerza), durante un período de dos años. Al igual que en nuestra investigación, los resultados reflejaron mejoras en los jugadores jóvenes de entre trece a quince años, sobre el  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $p<0.029$ ), coincidiendo con las mejoras en nuestro estudio, tanto en GAUT como en GSOB ( $p<0.001$ ), tras un periodo de 37 semanas. Estos mismos autores, indicaron que el  $\text{VO}_2\text{max}$ , produjo incrementos significativos (5.72 %) después de dos temporadas (aproximadamente un 3 % por cada año), alcanzando en nuestro estudio % de cambios mayores tanto en GAUT (7.58 %), como en GSOB (6.69 %), tras una temporada completa. Por último, Carling et al. (2012), tuvieron como objetivo comparar los cambios antropométricos, maduración esquelética y características funcionales de futbolistas jóvenes ( $n=158$ ;  $13.4 \pm 0.4$  años) que ingresaron en una academia de élite entre 1992 y 2003, observando cambios significativos en la variable  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $p<0.01$ ) entre los años 1999-2003 con respecto a los otros periodos.

Atendiendo a la demarcación específica y las mejoras producidas en el  $\text{VO}_2\text{max}$  tras los tratamientos de 37 semanas, en categoría cadete, la demarcación con mayor  $\text{VO}_2\text{max}$  fue la de centrocampista (52.35 ml/kg/min) y los niveles más bajos fueron para los extremos del tratamiento GSOBC (48.99 ml/kg/min). Por el contrario, en la categoría juvenil, las demarcaciones con mayores niveles fueron los extremos (54.80 ml/kg/min) y centrocampistas (54.01 ml/kg/min) del tratamiento GSOB al igual que en el estudio de Calahorra-Cañada *et al.*, (2012) y los niveles más bajos fueron para los centrales del tratamiento GAUT (52.66 ml/kg/min). Nuestros resultados van en concordancia con los estudios de Búa, Rodríguez, & García, (2013), Carling *et al.*, (2012) y Reilly, Bangsbo, & Franks, (2000), los cuáles indican que los niveles más altos de  $\text{VO}_2\text{max}$  fueron en los centrocampistas comparados con el resto de demarcaciones, por lo que podemos indicar, que el entrenamiento de fuerza no ha generado ningún tipo de interferencia y/o modificación de este parámetro en esta demarcación. De la misma manera, Sever & Zorba (2017), demostraron en jugadores jóvenes de fútbol, que los centrocampistas presentaron mejores niveles de  $\text{VO}_2\text{max}$  (47.48 ml/kg/min;  $p<0.031$ ) con respecto a las otras demarcaciones. Además, estos autores indicaron que las ganancias fueron mayores en el grupo de  $>17$  años (48.10 ml/kg/min), con respecto al grupo de  $<16$  años (43.58 ml/kg/min). Estos datos van en concordancia con nuestro estudio, dónde la categoría juvenil presentó mayores niveles de  $\text{VO}_2\text{max}$  tanto en GAUTJ (53.46 ml/kg/min), como en GAUTJ (53.46 ml/kg/min) con respecto a la categoría cadete tanto en GAUTC (50.90 ml/kg/min), como en GAUTC (52.49 ml/kg/min). Estas diferencias entre cadetes y juveniles, puede tener como factores condicionantes los niveles de desarrollo del hematocrito, de la hemoglobina y la ya citada maduración biológica (Gómez-Piqueras *et al.*, 2010; Hansen & Klausen, 2004), además de una mejora en la estabilización de la economía de la carrera y los esfuerzos a medida que los sujetos crecen (Gómez-Piqueras *et al.*, 2010; MacDougall, Roche, Bar-Or, & Moroz, 1983).

Aun así, debemos tener en cuenta, que aunque se produjeron aumentos en la variable  $\text{VO}_2\text{max}$  con ambos tratamientos, estos aumentos demostraron no ser significativos para la categoría cadete, en el tratamiento global de 15, 22 y 37 semanas en grupo GAUTC para porteros ( $p<0.38$ ;

$p<0.64$ ;  $p<0.49$ ), defensas centrales ( $p<0.15$ ;  $p<0.06$ ;  $p<0.32$ ), laterales ( $p<0.71$ ;  $p<0.42$ ;  $p<0.51$ ) y delanteros ( $p<0.08$ ;  $p<0.45$ ;  $p<0.18$ ) y el tratamiento de 22 semanas GAUTC en centrocampistas ( $p<0.09$ ). Por otro lado, el tratamiento GSOBC de 15, 22 y 37 semanas, no fue significativo en laterales ( $p<0.23$ ;  $p<0.46$ ;  $p<0.11$ ) y delanteros ( $p<0.09$ ;  $p<0.13$ ;  $p<0.39$ ). Los tratamientos de 15 y 37 semanas GSOBC en porteros ( $p<0.20$ ;  $p<0.33$ ) y el tratamiento de 15 semanas GSOBC en extremos ( $p<0.09$ ). Con respecto a la categoría juvenil y los efectos del tratamiento GAUTJ, indicamos que no se produjeron aumentos significativos tras el tratamiento global de 15, 22 y 37 semanas en grupo GAUTJ en porteros ( $p<0.14$ ;  $p<0.24$ ;  $p<0.38$ ) y delanteros ( $p<0.08$ ;  $p<0.15$ ;  $p<0.35$ ). El tratamiento de 15 semanas en laterales ( $p<0.24$ ) y centrocampistas ( $p<0.10$ ) y los tratamientos de 22 y 37 semanas en extremos ( $p<0.06$ ;  $p<0.15$ ). Por otro lado, el tratamiento GSOBC de 15, 22 y 37 semanas, no fue significativo en porteros ( $p<0.08$ ;  $p<0.15$ ;  $p<0.21$ ). Los tratamientos de 15 y 37 semanas en defensas centrales ( $p<0.14$ ;  $p<0.12$ ). El tratamiento de 22 semanas en laterales ( $p<0.09$ ) y el tratamiento de 15 semanas en delanteros ( $p<0.17$ ). Estos datos van en concordancia con el estudio de De Calasanz et al. (2013), los cuáles, no evidenciaron mejoras significativas en el  $\text{VO}_2\text{max}$  después de entrenamientos de fuerza ( $p>0.05$ ) tras realizar dos sesiones de entrenamiento de fuerza semanales (3 series de 10 repeticiones en 3 ejercicios del tren inferior), con una intensidad o carácter del esfuerzo del 60% 1RM, en jugadores jóvenes de fútbol.

Teniendo en cuenta que existen pocos estudios que hayan examinado el impacto y las adaptaciones tanto positivas como negativas del entrenamiento de fuerza sobre el de resistencia, no podemos ni reforzar ni refutar nuestros datos y por ello, se hacen necesarias futuras investigaciones (Grieco *et al.*, 2012; Ozaki, Loenneke, Thiebaud, & Abe, 2013). Es por ello por lo que no podemos hacer comparaciones directas de nuestros resultados con los de otros estudios, ya que los estudios longitudinales con una duración similar, protocolo y edad de los sujetos, son escasos en la literatura. En conclusión, y con todos los datos aquí reflejados, creemos haber establecido una nueva referencia para aclarar la relación de los efectos que produce el entrenamiento de fuerza y las adaptaciones producidas en la potencia aeróbica en jóvenes jugadores de fútbol y que puede servir como punto de partida de nuevos estudios o hipótesis.

### 5.1.3. Composición corporal.

La CC se considera un elemento clave de la aptitud física relevante para el rendimiento de los jugadores de fútbol y, tanto en el fútbol profesional, como en fútbol formativo, tradicionalmente se evalúa varias veces a lo largo de la temporada para controlar la eficacia del entrenamiento y la nutrición (Erdem-Cigerci & Genc, 2020), además de ayudar a la detección del rendimiento físico y favorecer las comparaciones entre categorías y demarcaciones (Herdy *et al.*, 2015). Además, una CC no óptima, puede influir negativamente en el rendimiento futbolístico y el riesgo de lesiones (Suárez-Arrones *et al.*, 2018a). Es importante reflejar, que la CC de los jugadores de fútbol, cambia durante el transcurso de la temporada competitiva como resultado del entrenamiento, la competición, la actividad habitual y la dieta (Madic *et al.*, 2018). Los estudios realizados acerca de la CC son muy conocidos en la práctica deportiva actual como parte del control médico deportivo, constituyendo así uno de los medios más eficaces que tienen los entrenadores para controlar la planificación de su entrenamiento, ya que se ha comprobado

que en la medida que disminuyan los indicadores grasos, se aumenta la eficiencia funcional del organismo y con ello su capacidad de trabajo (Sánchez, Hernández, Linares, & Ramírez, 2015). Aunque se reconoce la contribución del estado físico y la CC en el rendimiento del fútbol, estos parámetros de aptitud física no han sido suficientemente estudiados en jugadores jóvenes de fútbol (Nikolaidis & Karydis, 2011), ya que, la CC de los sujetos pocas veces es considerada en la selección de los jóvenes deportistas, poniendo más atención a las habilidades de los individuos, sin considerar que la masa muscular y la fuerza, son factores preponderantes en su rendimiento (Espinoza-Navarro & Valle, 2014).

Con respecto a la relación entre el entrenamiento de fuerza y la modificación sobre los parámetros de CC, la literatura nos indica que, aunque los entrenamientos de fuerza produzcan determinadas mejoras neuromusculares, se suelen prescribir por sus beneficios relacionados con los aumentos de fuerza muscular y los efectos sobre la CC (Orquín-Castrillón, Torres-Luque, & Ponce de León, 2009). Entre las adaptaciones más relevantes sobre la CC, destaca el incremento del tamaño de la sección transversal de las fibras musculares (hipertrofia muscular) (Brandenburg & Docherty, 2006; Folland & Williams, 2007), la mejora de la densidad mineral ósea (DMO), especialmente en los lugares cercanos a los músculos que intervienen en el ejercicio (Orquín-Castrillón *et al.*, 2009), así como el aumento de la calidad del hueso, haciéndolo más resistente (Warburton, Gledhill, & Quinney, 2001) y la disminución de los valores de masa grasa corporal (MG) (Ahtiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer, & Häkkinen, 2005).

Recientemente, investigaciones en fútbol han descrito cambios en la CC después del entrenamiento de fuerza (Barjaste & Mirzaei, 2018; Castiblanco & Suárez, 2013; Falces-Prieto *et al.*, 2020; Sánchez-Sánchez *et al.*, 2015; Suárez-Arrones *et al.*, 2019a; Suárez-Arrones *et al.*, 2018b). Todas estas investigaciones van en concordancia con los datos de nuestra investigación, cumpliendo así nuestra hipótesis inicial. En la variable peso, sólo el tratamiento GAUT generó un aumento significativo tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento ( $p < 0.001$ ; 3.41 %;  $p < 0.001$ ; 4.03 %;  $p < 0.001$ ; 7.58 %), respectivamente. Con respecto a la categoría cadete, el peso aumentó significativamente tras 15, 22 y 37 semanas de tratamiento, tanto en grupo GAUTC ( $p < 0.001$ ), como en grupo GSOBC ( $p < 0.001$ ;  $p < 0.008$ ;  $p < 0.001$ ). Por su parte, en categoría juvenil, se observaron aumentos de peso significativos tras los tratamientos de 15 y 37 semanas, tanto en el grupo GAUTJ ( $p < 0.004$ ;  $p < 0.001$ ), como en el grupo GSOB ( $p < 0.001$ ). Estos datos concuerdan con el estudio de Erdem-Cigerci & Genc, (2020), los cuáles examinaron el efecto de los ejercicios de fuerza de calistenia sobre la CC en jugadores de fútbol ( $18.16 \pm 1.04$  años), realizado 3 días en semana durante 8 semanas y encontrando aumentos significativos del peso ( $p < 0.032$ ; 0.61 %) en el grupo experimental. Ferrete *et al.*, (2014), también encontraron aumentos significativos en la variable peso ( $p < 0.05$ ) en jugadores jóvenes de fútbol ( $9.32 \pm 0.25$  años) que llevaron a cabo un entrenamiento de fuerza usando el peso corporal del jugador (o peso corporal más resistencias ligeras) como resistencia externa, realizado 2 días a la semana durante 26 semanas. Ruivo *et al.*, (2016), también encontraron aumentos significativos en el peso ( $p \leq 0.05$ ) en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=28$ ;  $16.2 \pm 1.1$  años), tras un entrenamiento de fuerza basado en ejercicios dinámicos de peso libre y máquinas, con cargas en torno al 65 % 1 RM, realizado 3 días en semana durante un periodo de 16 semanas.

Por su parte, Sander *et al.*, (2013), evaluaron la influencia de un programa de entrenamiento de fuerza durante 2 años en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=134$ ) divididos en 3 grupos de edad (A: 17 años; B: 15 años; C: 13 años), y también encontraron aumentos significativos en el peso en las tres categorías ( $p<0.01$ ). Aunque en el grupo B, fue donde mayor % de cambio se produjo (11.1 %). Por otro lado, Suárez-Arrones *et al.*, (2019a), también encontraron aumentos en el peso corporal ( $p<0.05$ ; 4.7 %) en jugadores de fútbol masculino jóvenes ( $n=18$ ;  $16,1 \pm 0,8$  años) después de un entrenamiento combinado de fútbol y fuerza durante 26 semanas. Sin embargo, nuestros datos son contrarios a los encontrados por Falces-Prieto *et al.*, (2020). Estos autores observaron descensos del peso ( $p<0.001$ ) en el grupo Sub 17, tras 8 semanas de entrenamiento de fuerza con autocargas, realizado durante 2 días en semana. Al igual que el estudio de Orquín-Castrillón *et al.*, (2009), donde también se produjo un descenso en el peso corporal ( $p<0.05$ ) en jugadores jóvenes de fútbol que llevaron a cabo un programa de entrenamiento de fuerza de 8 semanas de duración con la característica de ser en circuito intermitente con sobrecargas, 3 veces por semana, entre el 62 y el 72% de 1RM.

Por último y respecto a la variable peso después de 37 semanas y atendiendo a cada demarcación, en categoría cadete, la demarcación con mayor peso, aunque no significativo, fue la del portero del grupo GAUTC (69.35 Kg) y a nivel significativo los defensas centrales del grupo GAUTC (68.93 Kg). Por otro lado, la demarcación con mayor % de cambio significativo fueron los delanteros del grupo GAUTC (4.30 %) y la demarcación que demostró menor peso fue la de centrocampista del grupo GAUTC (57.70 Kg) al igual que en el estudio de Reilly *et al.*, (2000). Con respecto a la categoría juvenil, la demarcación con mayor peso, aunque no significativo fue la de centrocampista del grupo GAUTJ (72.49 Kg) y a nivel significativo, los porteros del grupo GSOBJ (69.52 Kg). Por otro lado, la demarcación con mayor % de cambio significativo fueron los extremos del grupo GAUTJ (6.44 %) y la demarcación que demostró menor peso fue la de centrocampista del grupo GSOBJ (57.70 Kg). Estos datos se ven refrendados en el estudio de Lago-Peñas, Rey, Casáis, & Gómez-López, (2014), los cuáles mostraron que tanto los porteros (64.31 Kg), como los defensas centrales (68.22 Kg), son los que más pesan y que los centrocampistas (54.35 Kg), son los más livianos de entre todas las demarcaciones.

Por su parte y conforme a nuestros resultados, Chena-Sinovas *et al.*, (2015), informaron que tanto en categoría cadete como juvenil, los porteros (69.72 Kg; 71.02 Kg) y los defensores (56.58 Kg; 67.29 Kg), fueron las demarcaciones con mayor peso con respecto a las demás. Por último, los centrocampistas de nuestro estudio de ambas categorías, han demostrado ser los jugadores más livianos de entre el resto de demarcaciones, datos que van en concordancia con el estudio de Sever & Zorba, (2017), los cuáles indicaron que los centrocampistas fueron los más livianos con respecto al resto de demarcaciones. Si analizamos las características de nuestro estudio longitudinal, nuestros datos van de acuerdo a los encontrados por Carling & Orhant (2010), los cuales, registraron mensualmente durante toda una temporada competitiva en un grupo de jugadores masculinos de fútbol profesionales ( $24.4 \pm 4.1$  años) diversas variables de CC, encontrando que, durante la temporada, los porteros fueron la demarcación con mayor peso (83.28 Kg) y los centrocampistas los más livianos (74.62 Kg). Sin embargo, nuestros datos no concuerdan con el estudio del Calahorra-Cañada *et al.*, (2012). Estos autores evidenciaron que

los jugadores con mayor peso, fueron los porteros en categoría cadete y defensores en categoría juvenil.

Atendiendo a la variable altura, existe una creencia popular acerca de que el entrenamiento con pesas o autocargas cuando aún no se ha desarrollado completamente un individuo, afecta negativamente a su crecimiento o modifica su estatura final (Frölich *et al.*, 2010; Peña *et al.*, 2016). Esto se generalizó durante las décadas de los setenta y los ochenta, dónde se hacía referencia a lesiones del cartílago de crecimiento en la preadolescencia y la adolescencia relacionados con el entrenamiento de la fuerza (Pochettia, Ponczosznika, Rojas-Filártiga, & Testa, 2018). No obstante, no se han encontrado evidencias científicas sobre lesiones en los cartílagos de crecimiento o cierre prematuro de las epífisis, en jóvenes que realizaron programas de entrenamiento de fuerza bajo supervisión cualificada y prescripción apropiada (Faigenbaum & Myer, 2010; Peña *et al.*, 2016; Pochettia *et al.*, 2018). Sin embargo, diversos estudios sugieren que la práctica regular de una actividad física, o la participación en un programa de entrenamiento de fuerza supervisado, no influye en el crecimiento del niño (Beunen *et al.*, 1992; Malina, Beunen, Wellens, & Claessens, 1986; Peña *et al.*, 2016).

Esto puede verse reflejado en nuestra investigación, dónde se observan incrementos en la altura tras 37 semanas con ambos tratamientos, aunque siendo sólo significativo el tratamiento GAUT ( $p < 0.004$ ). Con respecto a la evolución de la altura, se apreciaron aumentos significativos tras 37 semanas de tratamiento tanto en la categoría cadete como en juvenil con los tratamientos GAUT y GSOB ( $p < 0.001$ ), siendo el tratamiento GAUT el que mayor % de cambio produjo (1.84 %) y el tratamiento GSOB el que menos (0.55 %). Esta información se ve refrendada estudios longitudinales desarrollados con chicos y chicas que participan en diferentes deportes desde los 8 hasta los 18 años, en los que se ha visto que son, de media, más altos que los chicos y chicas que no practican una actividad física regular (Izquierdo & Ibáñez, 2017). Teniendo en cuenta la temporalidad de nuestro estudio, nuestros datos son similares a los aportados por Lesinski *et al.*, (2017). Estos autores aplicaron un diseño de estudio longitudinal prospectivo para monitorear sistemáticamente los datos de entrenamiento y rendimiento, la antropometría y la CC de un equipo de fútbol juvenil de élite femenino ( $n = 17$ ;  $15.03 \pm 0.5$  años) durante la temporada 2015/2016, encontrando aumentos significativos en la altura ( $p < 0.001$ ). Igualmente, durante una temporada completa, Hammami *et al.*, (2013), también encontraron aumentos significativos en la altura corporal (2 %) en jugadores jóvenes de fútbol ( $15 \pm 0.5$  años).

Por su parte, Sander *et al.*, (2013), evaluaron la influencia de un programa de entrenamiento de fuerza durante 2 años en jugadores jóvenes de fútbol ( $n = 134$ ) divididos en 3 grupos de edad (A: 17 años; B: 15 años; C: 13 años), y también encontraron mejoras significativas en el crecimiento en las tres categorías ( $p < 0.05$ ). Aunque en el grupo C, fue donde mayor % de cambio se produjo (6.8 %). Por su parte y al igual que en nuestro estudio, Ferrete *et al.*, (2014), encontraron aumentos significativos en la variable altura ( $p < 0.05$ ) en jugadores jóvenes de fútbol ( $9.32 \pm 0.25$  años) que llevaron a cabo un entrenamiento de fuerza usando el peso corporal del jugador (o peso corporal más resistencias ligeras) como resistencia externa, realizado 2 días a la semana durante 26 semanas.



Por último y atendiendo a cada demarcación, en categoría cadete, se produjeron aumentos en todas las demarcaciones, aunque no fueron significativos en los defensas centrales ( $p<0.39$ ) y delanteros ( $p<0.28$ ) del tratamiento GAUTC y los defensas centrales ( $p<0.07$ ) del tratamiento GSOBC. Por otro lado, la demarcación con mayor altura significativamente alcanzada, fueron los extremos del grupo GAUTC (175.96 cm). Por otro lado, la demarcación con mayor % de cambio significativo fueron los delanteros del grupo GSOBC (1.55 %) y la demarcación con menor altura registrada tras ambos tratamientos, fueron los delanteros del grupo GAUTC (164.17 cm) al igual que en el estudio de Calahorra-Cañada *et al.*, (2012). Con respecto a la categoría juvenil, sólo los laterales ( $p<0.06$ ) del tratamiento GAUTJ y delanteros ( $p<0.17$ ) del tratamiento GSOBJ, no presentaron aumentos significativos en la altura. Por otro lado, la demarcación con mayor altura significativamente alcanzada fueron centrocampistas del grupo GAUTJ (181 cm). Por otro lado, la demarcación con mayor % de cambio significativo fueron los delanteros del grupo GAUTJ (1.16 %) y la demarcación con menor altura registrada tras ambos tratamientos, fueron los porteros del grupo GAUTJ (164.17 cm). Nuestros datos son contrarios a los encontrados por Sever & Zorba, (2017) y Reilly *et al.*, (2000), los cuales, indicaron que la demarcación con mayor altura fue para los porteros y la de menor altura los centrocampistas.

El % graso es un parámetro que puede influir en el rendimiento deportivo (Sotiropoulos, Travlos, Gissis, Souglis, & Grezios, 2009). En lo que se refiere al % graso, se ha visto que los niños y adolescentes deportistas tienen un % graso menor en relación con los no deportistas (Izquierdo & Ibáñez, 2017). En relación al fútbol, un peso corporal elevado y el aumento del % graso, se relaciona con un mayor impacto en acciones locomotoras propias del fútbol como son la carrera o el salto, creando un estrés mecánico en el sistema articular y el esqueleto axial, aumentando el riesgo de sufrir lesiones (Falces-Prieto *et al.*, 2015; 2017; Ruivo *et al.*, 2016). Por su parte, Kalapotharakos, Strimpakos, Vithoulka & Karvounidis (2006), demostraron que los equipos profesionales con la mejor posición en la clasificación, presentaron valores bajos de % de graso, en comparación con los equipos de posición media y baja de la misma división. También debemos tener en cuenta los momentos de la temporada, ya que, en la fase de transición (tiempo entre el final de una temporada y la siguiente), es donde mayores aumentos del % graso se producen en jugadores de fútbol (Koundourakis *et al.*, 2014). Así pues, para el control y/o reducción de este parámetro, el entrenamiento de fuerza ha sido tradicionalmente utilizado por deportistas para aumentar su fuerza muscular, pero desde hace varios años sus beneficios en el ámbito de la salud (Balsalobre-Fernández & Tejero-González, 2015). Estos mismos autores, indican que una línea de investigación de máxima actualidad es aquella que postula que el entrenamiento con cargas tiene un efecto positivo sobre la CC, pues existen numerosas evidencias de que el entrenamiento con cargas ayuda a reducir tanto el % de grasa corporal como la masa grasa total (Ruivo *et al.*, 2016; Shaw & Shaw, 2006).

Estos datos se pueden ver refrendados en nuestra investigación, dónde se observan descensos en el % graso tras 37 semanas con ambos tratamientos, aunque siendo sólo significativo el tratamiento GSOB ( $p<0.005$ ). Con respecto a la evolución del % graso, se apreciaron descensos significativos tras 37 semanas de tratamiento tanto en la categoría cadete como en juvenil con los tratamientos GAUT y GSOB ( $p<0.001$ ). El % de mejora entre las categorías cadete y juvenil

en la pérdida de masa grasa durante el transcurso de la temporada, estuvo entre el 3 y el 16 %. Estos datos son equivalentes a los aportados por Sotiropoulos *et al.*, (2009). Estos autores indican que el % de grasa corporal de los mejores jugadores de fútbol, puede aumentar un 20% en el periodo transitorio y puede reducirse aproximadamente un 10% durante el transcurso de la temporada.

De la misma manera y al igual que en nuestro estudio, Falces-Prieto *et al.*, (2020) evaluaron el efecto de un protocolo de fuerza con autocarga en jugadores jóvenes de fútbol, realizado dos días en semana durante 8 semanas, sobre la CC. Los datos de este estudio, indicaron que se produjo descenso del % grasa en todas las categorías evaluadas (Sub 16, Sub 17, Sub 18 y Sub 19), aunque siendo sólo significativo en los grupos Sub 17 y Sub 19 ( $p < 0.001$ ). Por su parte, nuestros datos presentan similitud al estudio de Siegler, Gaskill, & Ruby, (2003). Estos autores evaluaron los cambios en la potencia específica del fútbol de 34 jugadoras de fútbol de secundaria durante una temporada. El grupo experimental realizó durante 10 semanas una combinación de entrenamientos de fuerza tradicional (sentadillas, extensiones de cuádriceps, leg curl y elevación de gemelos) y pliometría, realizado 2 días por semana. Por su parte, el grupo control sólo realizó los entrenamientos técnico-tácticos de equipo. Los resultados indicaron que, tras 10 semanas de tratamiento, ambos grupos vieron reducido su % grasa, pero sólo fue significativo en el grupo experimental ( $p < 0.05$ ). Se encontraron resultados similares en el estudio de Haghighi, Moghadasi, Nikseresht, Torkfar y Haghighi (2012). Mostraron una disminución significativa en el % grasa en treinta jugadores de fútbol jóvenes de élite (edad, 16-21 años) ( $p < 0,05$ ) después de 8 semanas de entrenamiento pliométrico. De la misma forma, Suárez-Arrones *et al.*, (2018b), mostraron una disminución significativa en el % grasa ( $ES = -0,99$ ) en jugadores jóvenes de fútbol ( $17,5 \pm 0,8$  años), tras realizar 2 sesiones de entrenamiento de sobrecarga excéntrica inercial a la semana durante 27 semanas. También encontramos descensos significativos del % grasa en otros estudios longitudinales como el de Carling *et al.*, (2012). Estos autores tuvieron como objetivo comparar los cambios antropométricos, de maduración esquelética y de características funcionales en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=158$ ;  $13.4 \pm 0.4$  años), que ingresaron en una academia de élite entre los años 1992 y 2003, observando una disminución significativa en el % grasa ( $p < 0.05$ ;  $TE: 0.48$ ).

Teniendo en cuenta la temporalidad de nuestro estudio, nuestros datos son similares a los aportados por Lesinski *et al.*, (2017). Estos autores aplicaron un diseño de estudio longitudinal prospectivo para monitorear sistemáticamente los datos de entrenamiento y rendimiento, la antropometría y la CC de un equipo de fútbol juvenil de élite femenino ( $n= 17$ ;  $15.03 \pm 0.5$  años) durante la temporada 2015/2016, encontrando descensos significativos en el % grasa ( $p < 0.05$ ). Por último, nuestros datos también presentan similitud con el estudio de Orquín-Castrillón *et al.*, (2009), dónde también se produjo un descenso en el % grasa ( $p < 0.05$ ) en jugadores jóvenes de fútbol ( $24.07 \pm 3.12$  años), tras llevar a cabo un programa de entrenamiento de fuerza en formato circuito intermitente con sobrecargas (entre el 62 y el 72% de 1RM), realizado 3 veces por semana durante 8 semanas.

Por último y atendiendo a cada demarcación, en categoría cadete, se produjeron descensos del % grasa en todas las demarcaciones, aunque no fueron significativos en los defensas centrales ( $p < 0.06$ ) y extremos ( $p < 0.13$ ) del tratamiento GAUTC y los defensas centrales ( $p < 0.06$ ) del

tratamiento GSOBC. Estos descensos no significativos van en concordancia con el estudio de Ferrete *et al.*, (2014). Estos autores encontraron descensos del % graso, aunque no fueron significativos, tras un entrenamiento de fuerza en jugadores jóvenes de fútbol ( $9.32 \pm 0.25$  años) usando el peso corporal del jugador (o peso corporal más resistencias ligeras) como resistencia externa, realizado 2 días a la semana durante 26 semanas y con el estudio de Ruivo *et al.*, (2016), en el cual, también encontraron descensos en el % graso, aunque no fueron significativos ( $p < 0.062$ ) en jugadores jóvenes de fútbol ( $n=28$ ;  $16.2 \pm 1.1$  años), tras un entrenamiento de fuerza basado en ejercicios dinámicos de peso libre y máquinas, con cargas en torno al 65 % 1 RM, realizado 3 días en semana durante un periodo de 16 semanas.

Por otro lado, la demarcación con mayores niveles de % graso alcanzado, fueron los delanteros del grupo GSOBC (13.99 %) y la demarcación con menores niveles de % graso fueron los centrocampistas del grupo GAUTC (9.91 %). Por último, la demarcación que mayor % de cambio obtuvo tras las 37 semanas de tratamiento, fueron los extremos del grupo GSOBC (18.05 %). Con respecto a la categoría juvenil, se produjeron descensos del % graso en todas las demarcaciones, aunque no fueron significativos en los porteros ( $p < 0.34$ ), centrocampistas ( $p < 0.28$ ) y extremos ( $p < 0.99$ ) del tratamiento GAUTJ. Por otro lado, la demarcación con mayores niveles de % graso alcanzado, fueron los defensas centrales del grupo GSOBJ (12.78 %) y la demarcación con menores niveles de % graso fueron los delanteros del grupo GAUTJ (10.74 %). Por último, la demarcación que mayor % de cambio obtuvo tras las 37 semanas de tratamiento, fueron los defensas centrales del grupo GSOBJ (17.89 %). Atendiendo a la demarcación con mayor nivel de % graso, nuestros datos son contrarios a los mostrados por Sever & Zorba, (2017), los cuales, indicaron que la demarcación con mayor % graso fue para los porteros (12 %). Sin embargo, Búa, Rodríguez, & García, (2013) y Sever & Zorba, (2017), indicaron que las demarcaciones con menores niveles de % graso fueron los centrocampistas (10.5 %) y delanteros (10.2 %), coincidiendo con los resultados de nuestro estudio. Si analizamos las características de nuestro estudio longitudinal, nuestros datos van de acuerdo a los encontrados por Carling & Orhant (2010), los cuales, registraron mensualmente durante toda una temporada competitiva en un grupo de jugadores masculinos de fútbol profesionales ( $24.4 \pm 4.1$  años) diversas variables de CC, encontrando que, durante la temporada, los centrocampistas fueron los que presentaron menores niveles de % graso (10.40 %). Por último, Calahorra-Cañada *et al.*, (2012) también evidenciaron que los delanteros de categoría juvenil, fueron los que menor % graso tuvieron con respecto al resto de demarcaciones. Sin embargo, ellos mostraron que los centrocampistas tanto cadetes como juveniles, fueron los que mayores % graso tuvieron con respecto al resto de demarcaciones.

Sánchez-Sánchez *et al.*, (2015) indican que los efectos de un entrenamiento empleando carga externa sobre los factores de coordinación intermuscular e intramuscular, permiten avanzar en el desarrollo de la fuerza durante el período prepuberal. Esta adaptación al entrenamiento de fuerza es la que permite ganar fuerza, independientemente de que no se haya ganado músculo, como consecuencia de las limitaciones ligadas al componente estructural, propia de estas edades. Sin embargo, Faigenbaum *et al.*, (2009), argumentan, que uno de los parámetros de adaptación al entrenamiento de fuerza en niños prepúberes, es el aumento en la masa muscular. Estudios anteriores han demostrado que, en fútbol, tener bajos valores de masa magra y fuerza

muscular constituyen los principales factores de riesgo de lesiones por distensión muscular (Suárez-Arrones *et al.*, 2019b). Es por ello, que tener una elevada masa muscular, permite al jugador evitar lesiones traumáticas derivadas del contacto y una disminución en las probabilidades de sufrir riesgos de lesión muscular (Keiner *et al.*, 2014; Perroni, Vetrano, Camolese, Guidetti, & Baldari, 2015).

Estas adaptaciones al entrenamiento de fuerza se pueden ver reflejado en nuestra investigación, dónde se observan aumentos significativos en la masa muscular tras 37 semanas, tanto en el tratamiento GAUT ( $p < 0.001$ ), como en el tratamiento GSOB ( $p < 0.049$ ). Con respecto a la evolución de la masa muscular con ambos tratamientos sobre las dos categorías evaluadas, se apreciaron aumentos significativos tanto en la categoría cadete como en juvenil, con los tratamientos GAUT y GSOB ( $p < 0.001$ ). Esto coincide con lo propuesto por Milsom *et al.*, (2015), que sugirió que el entrenamiento debería estar más enfocado en la ganancia de masa muscular y no en la reducción de la masa grasa. De esta manera, todos los jugadores de nuestro estudio han desarrollado este aumento en la masa muscular a través de los tratamientos propuestos. Nuestros resultados están de acuerdo con el estudio de Pérez-Gómez *et al.*, (2008), donde analizaron los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza consistente en levantamiento de pesas combinado con ejercicios pliométricos, realizado 3 días a la semana durante 6 semanas en futbolistas Sub-16. Los resultados indicaron aumentos en la masa muscular de las extremidades inferiores ( $p < 0,05$ ), que fue significativamente mayor en el grupo experimental. Teniendo en cuenta la temporalidad de nuestro estudio, nuestros datos son similares a los aportados por Lesinski *et al.*, (2017). Estos autores aplicaron un diseño de estudio longitudinal prospectivo para monitorear sistemáticamente los datos de entrenamiento y rendimiento, la antropometría y la CC de un equipo de fútbol juvenil de élite femenino ( $n = 17$ ;  $15.03 \pm 0.5$  años) durante la temporada 2015/2016, encontrando aumentos significativos en la masa muscular ( $p < 0.01$ ).

Por su parte, Suárez-Arrones *et al.*, (2018b), también mostraron un incremento durante la temporada competitiva en la masa muscular ( $2,5 \pm 0,8\%$ ,  $ES = 0,25 \pm 0,09$ ) en jugadores jóvenes de fútbol ( $17,5 \pm 0,8$  años), tras realizar 2 sesiones de entrenamiento de sobrecarga excéntrica inercial a la semana durante 27 semanas. Igualmente, Anderson, Sforzo, & Sigg, (2008), evaluaron en un grupo de 42 deportistas jóvenes ( $\sim 20$  años) los efectos de dos programas de entrenamiento de fuerza (1. Entrenamiento con peso libre; 2. Entrenamiento con gomas elásticas) sobre la fuerza, potencia y CC. Así pues, tras 7 semanas de tratamiento realizado durante 2 días a la semana, encontraron aumentos en la masa muscular ( $p < 0.05$ ) en ambos grupos. Con respecto al uso del propio peso corporal para el entrenamiento de fuerza, nuestros datos van en concordancia con el estudio de Falces-Prieto *et al.*, (2020). Estos autores encontraron aumentos significativos en la masa muscular ( $p < 0.001$ ) en las 4 categorías de jugadores jóvenes de fútbol evaluadas (Sub 16, Sub 17, Sub 18 y Sub 19), tras completar un entrenamiento de fuerza con autocargas realizado 2 días en semana durante 8 semanas.

Por último y atendiendo a cada demarcación, en categoría cadete, se produjeron aumentos de masa muscular en todas las demarcaciones, aunque en los defensas centrales del tratamiento GAUTC, no fue significativo ( $p < 0.08$ ). Este dato va en concordancia con el estudio de Sánchez-Sánchez *et al.*, (2015) en el cuál, tras realizar un programa de 20 sesiones de entrenamiento

específico de fuerza (cargas entre el 60-75% 1RM; 6-12 repeticiones; 3-5 series; recuperación entre series de 3-5 minutos; y velocidad de ejecución media) en futbolistas jóvenes (n= 38; 14-15 años) realizado dos días por semana, no encontraron mejoras significativas en el desarrollo de masa muscular. Por otro lado, las demarcaciones con mayores niveles de masa muscular, fueron los extremos del grupo GSOBC (59.93 Kg) y los porteros del grupo GAUTC (59.47 Kg). La demarcación con menores niveles de masa muscular fueron los centrocampistas del grupo GAUTC (52.16 Kg). Estos datos en categoría cadete coinciden con los aportados por Calahorra-Cañada *et al.*, (2012). Por último, la demarcación que mayor % de cambio obtuvo tras las 37 semanas de tratamiento, fueron los delanteros del grupo GAUTC (11 %). Con respecto a la categoría juvenil, se produjeron aumentos significativos en todas las demarcaciones. Las demarcaciones con mayores niveles de masa muscular, fueron los centrocampistas (63.58 Kg) y los defensas centrales (63.39 Kg) del grupo GAUTC. La demarcación con menores niveles de masa muscular fueron los porteros del grupo GAUTC (56.62 Kg). Por último, la demarcación que mayor % de cambio obtuvo tras las 37 semanas de tratamiento, fueron los extremos del grupo GAUTC (7.38 %).

Es importante saber, que para cada deporte existe un perfil físico característico, que en gran medida determina el rendimiento deportivo (Almagro-Blázquez, Ferrer-López, & Martínez González-Moro, 2019). En fútbol, una mayor estatura y mayores niveles de masa muscular, confieren a los deportistas la capacidad de correr más km por partido, saltar más alto y facilitar el rendimiento intermitente de alta intensidad (Jorquera-Aguilera, Rodríguez-Rodríguez, Torrealba-Vieira, & Barraza-Gómez, 2012). Con esta información, podemos concluir que los tratamientos de fuerza propuestos en nuestro estudio, han sido óptimos para producir aumentos de altura y masa muscular en ambas categorías, y, por ende, mejoras el rendimiento deportivo de nuestros jugadores.

## 5.2. Bibliografía

1. Abt, G., & Lovell, R. (2009). The use of individualized speed and intensity thresholds for determining the distance run at high-intensity in professional soccer. *Journal of Sports Sciences*, 27(9), 893-898.
2. Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2005). Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *Journal of Strength and conditioning Research*, 19(3), 572-582.
3. Almagro-Blázquez, M., Ferrer-López, V., & Martínez González-Moro, I. (2019). Relación entre factores antropométricos y de composición corporal con el rendimiento físico en piragüistas veteranos. *Retos*, 38(38), 53-57.
4. Almainan, A. A. (2018). Effect of testosterone boosters on body functions: Case report. *International Journal of Health Sciences*, 12(2), 86-9.
5. Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 567-574.
6. Asadi, A., Ramírez-Campillo, R., Arazi, H., & Sáez de Villarreal, E. (2018). The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 36(21), 2405–2411.

7. Asfour, S. S., Ayoub, M. M., & Mital, A. (1984). Effects of an endurance and strength training programme on lifting capability of males. *Ergonomics*, 27(4), 435-442.
8. Balsalobre-Fernández, C., & Tejero-González, C.M. (2015). Efecto del entrenamiento con cargas sobre la grasa corporal en personas obesas. Revisión sistemática. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 15(58), 371-386.
9. Bangsbo, J. (2014). Physiological demands of football. *Sports Science Exchange*, 27(125), 1-6.
10. Barakat, C., Pearson, J., Escalante, G., Campbell, B., & De Souza, E. (2020). Body Recomposition: Can Trained Individuals Build Muscle and Lose Fat at the Same Time? *Strength and Conditioning Journal*, Ahead of Print. doi: 10.1519/SSC.0000000000000584.
11. Barjaste, A., & Mirzaei, B. (2018). The periodization of resistance training in soccer players: changes in maximal strength, lower extremity power, body composition and muscle volume. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(9), 1218-1225.
12. Beunen, G. P., Malina, R. M., Renson, R., Simons, J., Ostyn, M., & Lefevre, J. (1992). Physical activity and growth, maturation and performance: a longitudinal study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(5), 576-585.
13. Blanco-Nesperia, A., & Enseñat-Solé, A. (1998). Validez de los monitores de ritmo cardíaco Baumann & Haldi 6000 y Polar Sport Tester. *Journal of Sports Training*, 12(4), 13-17.
14. Brandenburg, J., & Docherty, D. (2006). The effect of training volume on the acute response and adaptations to resistance training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(2), 108-121.
15. Búa, N., Rodríguez, A. V., & García, G. C. (2013). Perfil funcional y morfológico en jugadores de fútbol amateur de Mendoza, Argentina. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 48(179), 89-96.
16. Buchheit, M., Méndez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2715-2722.
17. Calahorra-Cañada, F., Zagalaz-Sánchez, M.L., Lara-Sánchez, A.J. & Torres-Luque, G. (2012). Análisis de la condición física en jóvenes jugadores de fútbol en función de la categoría de formación y del puesto específico. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 109(3), 54-62.
18. Carling, C., Le Gall, F., & Malina, R. M. (2012). Body size, skeletal maturity, and functional characteristics of elite academy soccer players on entry between 1992 and 2003. *Journal of Sports Sciences*, 30(15), 1683-1693.
19. Carling, C., & Orhant, E. (2010). Variation in body composition in professional soccer players: interseasonal and intraseasonal changes and the effects of exposure time and player position. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1332-1339.
20. Carrasco-Martínez, A.J., Marín-Pagán, C., & Alcaraz-Ramón, P.E. (2019). Efectos de la frecuencia de entrenamiento en circuito de alta intensidad sobre la fuerza isocinética y la composición corporal en sujetos no entrenados. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 15 (14), 125-138.

21. Castiblanco, K.D., & Suárez, S.S. (2013). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento sobre las manifestaciones de la fuerza (fuerza reactiva), en mujeres universitarias. *Actividad Física y Desarrollo Humano*, 4(1), 52-58.
22. Chamari, K., Hachana, Y., Ahmed, Y. B., Galy, O., Sghaier, F., Chatard, J. C., Hue, O., & Wisløff, U. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 191-196.
23. Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R., Moussa-Chamari, I., & Wisløff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(1), 24-28.
24. Chelly, M. S., Fathloun, M., Cherif, N., Amar, M. B., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back-squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2241-2249.
25. Chena-Sinovas, M., Pérez-López, A., Álvarez-Valverde, I., Bores-Cerezal, A., Ramos-Campo, D. J., Rubio-Arias, J. A., & Valadés-Cerrato, D. (2015). Influencia de la composición corporal sobre el rendimiento en salto vertical dependiendo de la categoría de la formación y la demarcación en futbolistas. *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 299-307.
26. Christou, M., Smilios, I., Sotiropoulos, K., Volaklis, K., Piliandis, T., & Tokmakidis, S. P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 783-791.
27. Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 173-177.
28. Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349-357.
29. De Calasanz, J., García-Martínez, R., Izquierdo, N., & García-Pallarés, J. (2013). Efectos del entrenamiento de fuerza sobre la resistencia aeróbica y la capacidad de aceleración en jóvenes futbolistas. *Journal of Sport and Health Research*, 5(1), 87-94.
30. De Hoyo, M., Gonzalo-Skok, O., Sañudo, B., Carrascal, C., Plaza-Armas, J. R., CamachoCandil, F., & Otero-Esquina, C. (2016). Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training, and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 368-377.
31. Di Giminiani, R., & Visca, C. (2017). Explosive strength and endurance adaptations in young elite soccer players during two soccer seasons. *PLoS ONE*, 12(2), e0171734.
32. Doğan, M. (1995). Examination of body composition and vertical jump parameters according to position played by amateur and professional footballers in Bursa Region. *Uludag University*. In Turkish.
33. Dudley, G. A., & Djamil, R. (1985). Incompatibility of endurance-and strength-training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 59(5), 1446-1451.
34. Erdem-Cigerci, A., & Genc, H. (2020). The Effect of Calisthenics Exercises on Body Composition in Soccer Players. *Progress in Nutrition*, 22(1), 94-102.
35. Espinoza-Navarro, O., & Valle, S. (2014). Composición corporal y el efecto de un programa de fuerza auxiliar para prevenir lesiones en músculos cuádriceps femoral, isquiotibiales y bíceps femoral en jóvenes universitarios futbolistas. *International Journal of Morphology*, 32(3), 1095-1100.

36. Faigenbaum, A. D. (2018). Youth Resistance Training: The Good, the Bad, and the Ugly—The Year That Was 2017. *Pediatric Exercise Science*, 30(1), 19-24.
37. Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 60-79.
38. Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2010). Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *British Journal of Sports Medicine*, 44(1), 56-63.
39. Falces-Prieto, M. (2017). Influencia del entrenamiento sobre los indicadores de composición corporal en un centro de alto rendimiento en fútbol. *Abfutbol*, (86), 33-45.
40. Falces-Prieto, M., Cara-Muñoz, J.F., & Sáez de Villarreal, E. (2018). Microciclo de entrenamiento en fútbol y su relación con las variables de altura, fuerza y potencia determinadas mediante el test CMJ en jugadores de fútbol sub 16, sub 17, sub 18 y sub 19. *Book of Abstracts. VI International Congress on Team Sports*, ISBN: 978-84-09-01017-2.
41. Falces-Prieto, M., Casamichana-Gómez, D., Sáez de Villarreal-Sáez, E., Requena-Sánchez, B., Carling, C., & Suárez-Arronez, L. J. (2015). The presence of the head coach during a small-sided game: effects on players' internal load and technical performance. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 11(41), 245-257.
42. Falces-Prieto, M., González-Fernández, F.T., Baena-Morales, S., Benítez-Jiménez, A., Martín-Barrero, A., Conde-Fernández, L., Suárez-Arrones, L., & Sáez de Villarreal, E. (2020). Effects of a strength training program with self-loading on countermovement jump performance and body composition in young soccer players. *Journal of Sport and Health Research*, 12(1), 112-125.
43. Falces-Prieto, M., Revilla-Gil, R., Coca-Romero, A., & Martín-Barrero, A. (2015). Revisión: ¿es la composición corporal un buen predictor de rendimiento y salud en fútbol? *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 18 (1), 56-68.
44. Fernández-Fairen, M., & Busco-Villarreal, J.M. (2009). El niño y el deporte. *Mediagraphic Artemisa en Línea*, 5(1), 6-27.
45. Ferrete, C., Requena, B., Suárez-Arrones, L., & Sáez de Villarreal, E. (2014). Effect of strength and high-intensity training on jumping, sprinting, and intermittent endurance performance in prepubertal soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 413-422.
46. Flouris, A. D., Koutedakis, Y., Nevill, A., Metsios, G. S., Tsiotra, G., & Parasiris, Y. (2004). Enhancing specificity in proxy-design for the assessment of bioenergetics. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(2), 197-204.
47. Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-168.
48. Franco-Márquez, F., Rodríguez-Rosell, D., González-Suárez, J. M., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2015). Effects of Combined Resistance Training and Plyometrics on Physical Performance in Young Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(11), 906-914.
49. Frölich, M., Pieter, A., Giessing, J., Klein, M., Strack, A., Folder, H., Sandig, D., Blischke, K., Emrich, E., Stening, J., & Schmidtbleicher, D. (2010). Entrenamiento de



- la fuerza de niños y adolescentes: estado actual de la cuestión. *RED*, Tomo XXIV, N° 1.
50. Gettman, L. R., & Pollock, M. L. (1981). Circuit weight training: a critical review of its physiological benefits. *Physician and Sports Medicine*, 9(1), 44-60.
51. Gettman, L. R., Ward, P., & Hagan, R. D. (1982). A comparison of combined running and weight training with circuit weight training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(3), 229-234.
52. Gómez-Piqueras, P., Aranda-Malavés, R., & Ferrer-López, V. (2010). Seguimiento longitudinal de la evolución en la condición aeróbica en jóvenes futbolistas. *Apunts: Medicina de l'Esport*, 45(168), 227-234.
53. González-Badillo, J.J., & Ribas-Serna, J. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. *Publicaciones Inde*. Barcelona.
54. Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., González-Badillo, J. J., & Ibáñez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 91(6), 698-707.
55. Grieco, C. R., Cortes, N., Greska, E. K., Lucci, S., & Onate, J. A. (2012). Effects of a Combined Resistance-Plyometric Training Program on Muscular Strength, Running Economy, and V [Combining Dot Above] O<sub>2</sub>peak in Division I Female Soccer Players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2570-2576.
56. Güllü, A., & Abdullah. (1996). Physical-physiological performances of Amateur football team's champions measured and compared according to their positions. *Uludag University*. In Turkish
57. Hammami, M. A., Ben Abderrahmane, A., Nebigh, A., Le Moal, E., Ben Ounis, O., Tabka, Z., & Zouhal, H. (2013). Effects of a soccer season on anthropometric characteristics and physical fitness in elite young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 31(6), 589-596.
58. Hammami, M., Gaamouri, N., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2019). Effects of contrast strength vs. plyometric training on lower-limb explosive performance, ability to change direction and neuromuscular adaptation in soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(8), 2094-2103.
59. Hansen, L., & Klausen, K. (2004). Development of aerobic power in pubescent male soccer players related to hematocrit, hemoglobin and maturation: A longitudinal study. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(3), 219-223.
60. Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1925-1931.
61. Hennessy, L. C., & Watson, A. W. (1994). The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 8(1), 12-19.
62. Herdy, C.V., Moreira-Nunes, R., Simao-Junior, R.F., Rodríguez-Rodríguez, F., Soares-Mattos, D., & Ramos, S., Teixeira, R., Costa-E Silva, G., & Da Silva-Novaes, J. (2015). Perfil antropométrico, composición corporal y somatotipo de jóvenes futbolistas brasileños de diferentes categorías y posiciones. *Educación Física y Deporte*, 34(2), 507-524.

63. Heredia-Elvar, J.R., & Peña-García-Orea, G. (2019). El entrenamiento de la fuerza para la mejora de la condición física y la salud. *Editorial Círculo Rojo*. Almería, España.
64. Hunter, G., R Demment, R., & Miller, D. (1987). Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 27(3), 269-275.
65. Inbar, O., & Bar-Or, O. (1986). Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(3), 264-269.
66. Izquierdo, M., & Ibáñez, J. (2017). Crecimiento y maduración del deportista joven. Aplicación para el desarrollo de la fuerza. *Revista de Educación Física: Renovar la teoría y práctica*, (145), 47-47.
67. Jiménez, R., Parra, G., Pérez, D., & Grande, I. (2009). Valoración de la potencia de salto en jugadores semiprofesionales de fútbol y comparación de resultados por puestos. *Kronos*, 14(8), 79-84.
68. Jiménez-Reyes, P., Pareja-Blanco, F., Balsalobre-Fernández, C., Cuadrado-Peñafiel, V., Ortega-Becerra, M. A., & González-Badillo, J. J. (2015). Jump-squat performance and its relationship with relative training intensity in high-level athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8), 1036-1040.
69. Jorquera-Aguilera, C., Rodríguez-Rodríguez, F., Torrealba-Vieira, M. I., & Barraza-Gómez, F. (2012). Composición corporal y somatotipo de futbolistas chilenos juveniles sub 16 y sub 17. *International Journal of Morphology*, 30(1), 247-252.
70. Jukic, I., Calleja-González, J., Cos, F., Cuzzolin, F., Olmo, J., Terrados, N., Njaradi, N., Sassi, R., Requena, B., Milanovic, L., Krakan, I., Chatzichristos, K., & Alcaraz, P.E. (2020). Strategies and Solutions for Team Sports Athletes in Isolation due to COVID-19. *Sports*, 8(56), 1-9.
71. Kalapotharakos, V. I., Strimpakos, N., Vithoulka, I., & Karvounidis, C. (2006). Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(4), 515-519.
72. Kanda, K., Yoda, T., Suzuki, H., Okabe, Y., Mori, Y., Yamasaki, K., & Hirao, T. (2018). Effects of low-intensity bodyweight training with slow movement on motor function in frail elderly patients: a prospective observational study. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 23(4), 1-8.
73. Keiner, M., Sander, A., Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2014). The impact of 2 years of additional athletic training on the jump performance of young athletes. *Science & Sports*, 29(4), 39-46.
74. Klika, B., & Jordan, C. (2013). High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 17(3), 8-13.
75. Koundourakis, N. E., Androulakis, N. E., Malliaraki, N., Tsatsanis, C., Venihaki, M., & Margioris, A. N. (2014). Discrepancy between exercise performance, body composition, and sex steroid response after a six-week detraining period in professional soccer players. *PloS One*, 9(2), e87803.
76. Lago-Peñas, C., Rey, E., Casáis, L., & Gómez-López, M. (2014). Relationship between performance characteristics and the selection process in youth soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 189-199.
77. Le Gall, F., Carling, C., Williams, M., & Reilly, T. (2010). Anthropometric and fitness characteristics of international, professional and amateur male graduate soccer players from an elite youth academy. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 90-95.

78. Lesinski, M., Prieske, O., Helm, N., & Granacher, U. (2017). Effects of soccer training on anthropometry, body composition, and physical fitness during a soccer season in female elite young athletes: a prospective cohort study. *Frontiers in Physiology*, 8, 1093.
79. Los Arcos, A., Yanci, J., Mendiguchia, J., Salinero, J. J., Brughelli, M., & Castagna, C. (2014). Short-term training effects of vertically and horizontally oriented exercises on neuromuscular performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and performance*, 9(3), 480-488.
80. MacDougall, J. D., Roche, P. D., Bar-Or, O., & Moroz, J. R. (1983). Maximal aerobic capacity of Canadian schoolchildren: prediction based on age-related oxygen cost of running. *International Journal of Sports Medicine*, 4(03), 194-198.
81. Madic, D. M., Andrasic, S., Gusic, M., Molnar, S., Radanovic, D., & Trajkovic, N. (2018). Seasonal body composition variations in adolescent soccer players. *International Journal of Morphology*, 36(3), 877-880.
82. Malina, R. M., Beunen, G., Wellens, R., & Claessens, A. (1986). Skeletal maturity and body size of teenage Belgian track and field athletes. *Annals of Human Biology*, 13(4), 331-339.
83. Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13–15 years. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5-6), 555-562.
84. Markovic, S., Mirkov, D.M., Knezevic, O.M., & Jaric, S. (2013). Jump training with different loads: effects on jumping performance and power output. *European Journal of Applied Physiology*, 113(10), 2511-2521.
85. Marques, M. C., Pereira, A., Reis, I. G., & Van den Tillaar, R. (2013). Does an in-season 6-week combined sprint and jump training program improve strength-speed abilities and kicking performance in young soccer players? *Journal of Human Kinetics*, 39(1), 157-166.
86. Meylan, C., & Malatesta, D. (2009). Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2605-2613.
87. Méndez-Galvis, E.A, Márquez-Arabia, J.J., & Castro-Castro, C.A. (2007). El trabajo de fuerza en el desarrollo de la potencia en futbolistas de las divisiones menores de un equipo profesional de fútbol. *Iatreia*, 20(2), 127-143.
88. Milsom, J., Naughton, R., O'Boyle, A., Iqbal, Z., Morgans, R., Drust, B., & Morton, J. P. (2015). Body composition assessment of English Premier League soccer players: a comparative DXA analysis of first team, U21 and U18 squads. *Journal of Sports Sciences*, 33(17), 1799-1806.
89. Mujika, I., Santisteban, J., & Castagna, C. (2009). In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2581-2587.
90. Nikolaidis, P. T., & Karydis, N. V. (2011). Physique and body composition in soccer players across adolescence. *Asian Journal of Sports Medicine*, 2(2), 75-82.
91. Orquín-Castrillón, F. J., Torres-Luque, G., & Ponce de León, F. (2009). Efectes d'un programa d'entrenament de força sobre la composició corporal i la força màxima en joves entrenats. *Apunts Medicina de l'Esport*, 44(164), 156-162.

92. Otero-Esquina, C., De Hoyo, M., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Sánchez, H. (2017). Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players? *European Journal of Sport Science*, 17(10), 1241-1251.
93. Ozaki, H., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2013). Resistance training induced increase in VO<sub>2</sub>max in young and older subjects. *European Review of Aging and Physical Activity*, 10(2), 107-116.
94. Peña, G., Heredia, J. R., Lloret, C., Martín, M., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2016). Iniciación al entrenamiento de fuerza en edades tempranas: revisión. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(1), 41-49.
95. Peña-González, I., Fernández-Fernández, J., Cervelló, E., & Moya-Ramón, M. (2019). Effect of biological maturation on strength-related adaptations in young soccer players, *PloS one*, 14 (7), e0219355.
96. Pérez-Gómez, J., Olmedillas, H., DelgadoGuerra, S., Royo, I. A., Vicente-Rodríguez, G., Ortiz, R. A., & Calbet, J. A. (2008). Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(3), 501-510.
97. Perroni, F., Vetrano, M., Camolese, G., Guidetti, L., & Baldari, C. (2015). Anthropometric and somatotype characteristics of young soccer players: Differences among categories, subcategories, and playing position. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2097-2104.
98. Pochettia, J., Ponczosznika, D., Rojas-Filártiga, P., & Testa, N. (2018). Entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes: beneficios, riesgos y recomendaciones. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 116(5), 82-91.
99. Quagliarella, L., Sasanelli, N., Belgiovine, G., Accettura, D., Notarnicola, A., & Moretti, B. (2011). Evaluation of counter movement jump parameters in young male soccer players. *Journal of Applied Biomaterials and Biomechanics*, 9(1), 40-46.
100. Ramírez-Campillo, R., Andrade, D. C., Álvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Báez-San Martín, E., & Izquierdo, M. (2014). The effects of intersset rest on adaptation to 7 weeks of explosive training in young soccer players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(2), 287-296.
101. Ramírez-Campillo, R., Gallardo, F., Henriquez-Olguín, C., Meylan, C. M., Martínez, C., Álvarez, C., & Izquierdo, M. (2015). Effect of vertical, horizontal, and combined plyometric training on explosive, balance, and endurance performance of young soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1784-1795.
102. Raya-González, J.; Suárez-Arrones, L.; Moreno-Puentedura, M.; Ruiz-Márquez, J., & Sáez de Villareal, E. (2017). Efectos en el rendimiento físico a corto plazo de dos programas de entrenamiento neuromuscular con diferente orientación aplicados en jugadores de fútbol de élite U-17. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 48(13), 88-103.
103. Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 669-683.
104. Romero-Boza, S., Feria-Madueño, A., Sañudo-Corrales, B., De Hoyo, M., & Ojo-López, J.J. (2014). Efectos de entrenamiento de fuerza en sistema isoinercial sobre la mejora del CMJ en jóvenes futbolistas de elite. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 26, 180-182.

105. Ronnestad, B.R., Kvamme, N.H., Sunde, A., & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 773-780.
106. Ruivo, R. M., Carita, A. I., & Pezarat-Correia, P. (2016). Effects of a 16-week strength-training program on soccer players. *Science & Sports*, 31(5), 107-113.
107. Sáez de Villarreal, E., Suárez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., & Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1894-1903.
108. Sánchez, B., & Salas, J. (2009). Determinación del consumo máximo de oxígeno del futbolista costarricense de primera división en pretemporada 2008. *MHSalud. Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud*, 6(2), 1-5.
109. Sánchez, L. M., Hernández, T. R. G., Linares, F., & Ramírez, B. A. (2015). Caracterización de la composición corporal de las atletas de taekwondo del estado Cojedes en el período de preparación general. *Lecturas: Educación física y deportes*, (211), 17-22.
110. Sánchez-Oliva, D., Santalla, A., Candela, J.M., Leo, F. M., & García-Calvo, T. (2014). Análisis de la relación entre el Yo-Yo Test y el consumo máximo de oxígeno en jóvenes jugadores de fútbol. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 37(10), 180-193.
111. Sánchez-Sánchez, J., Pérez, S., Yagüe, J.M., Royo, J.M., & Martín, J.L. (2015). Aplicación de un programa de entrenamiento de fuerza en futbolistas jóvenes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 15 (57), 45-59.
112. Sander, A., Keiner, M., Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2013). Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 445-451.
113. Santos, F. V., Chiappa, G. R., Ramalho, S. H. R., de Lima, A. C. G. B., de Souza, F. S. J., Cahalin, L. P., & Cipriano, G. (2018). Resistance exercise enhances oxygen uptake without worsening cardiac function in patients with systolic heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Heart Failure Reviews*, 23(1), 73-89.
114. Sedano, S., Matheu, A., Redondo, J. C., & Cuadrado, G. (2011). Effects of plyometric training on explosive strength, acceleration capacity and kicking speed in young elite soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1), 50-58.
115. Sever, O., & Zorba, E. (2017). Investigation of physical fitness levels of soccer players according to position and age variables. *Physical Education and Sport*, 15(2), 295-307.
116. Shalfawi, S. A., Haugen, T., Jakobsen, T. A., Enoksen, E., & Tønnessen, E. (2013). The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 2966-2972.
117. Shaw, I., & Shaw, B. S. (2006). Consequence of resistance training on body composition and coronary artery disease risk: cardiovascular topic. *Cardiovascular Journal of South Africa*, 17(3), 111-116.
118. Siegler, J., Gaskill, S., & Ruby, B. (2003). Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(2), 379-387.

119. Soarez, H., Fragoso, I., Massuça, L., & Barrigas, C. (2012). Impacto de la maduración y de los puestos específicos en la condición física en jóvenes futbolistas. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 47(174), 73-81.
120. Sotiropoulos, A., Travlos, A. K., Gissis, I., Souglis, A. G., & Grezios, A. (2009). The effect of a 4-week training regimen on body fat and aerobic capacity of professional soccer players during the transition period. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1697-1703.
121. Sporiš, G., Jovanovic, M., Krakan, I., & Fiorentini, F. (2011). Effects of strength training on aerobic and anaerobic power in female soccer players. *Sport Science*, 4(2), 32-37.
122. Suárez-Arrones, L., Lara-López, P., Torreño, N., Sáez de Villarreal, E., Di Salvo, V., & Méndez-Villanueva, A. (2019a). Effects of strength training on body composition in young male professional soccer players. *Sports*, 7(5), 104.
123. Suárez-Arrones, L., Lara-López, P., Maldonado, R., Torreño, N., De Hoyo, M., Nakamura, F. Y., & Méndez-Villanueva, A. (2019b). The effects of detraining and retraining periods on fat-mass and fat-free mass in elite male soccer players. *PeerJ*, 7, e7466.
124. Suárez-Arrones, L., Petri, C., Maldonado, R. A., Torreño, N., Munguía-Izquierdo, D., Di Salvo, V., & Méndez-Villanueva, A. (2018a). Body fat assessment in elite soccer players: cross-validation of different field methods. *Science and Medicine in Football*, 2(3), 203-208.
125. Suárez-Arrones, L., Sáez de Villarreal, E., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., & Méndez-Villanueva, A. (2018b). In season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PloS One*, 13(10), e0205332.
126. Thomas, K., French, D., & Hayes, P. R. (2009). The Effect of Two Plyometric Training Techniques on Muscular Power and Agility in Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 332-335.
127. Vargas, C. (2007). Consumo de oxígeno máximo telemétrico vs. Yo-Yo Endurance Test, en jugadores del fútbol profesional argentino. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 21 (4), 13-18.
128. Warburton, D. E., Gledhill, N., & Quinney, A. (2001). The effects of changes in musculoskeletal fitness on health. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(2), 161-216.
129. Williams, C. A., Oliver, J. L., & Faulkner, J. (2011). Seasonal monitoring of sprint and jump performance in a soccer youth academy. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(2), 264-275.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES**

## 6.1. Conclusiones

1. La utilización de un entrenamiento de fuerza con una correcta programación y supervisión por parte de expertos en jugadores jóvenes de fútbol, produce un efecto positivo en otras cualidades físicas condicionales (altura de salto, consumo máximo de oxígeno y composición corporal) optimizando el rendimiento del jugador joven.
2. El entrenamiento y desarrollo de la fuerza es positivo para la mejora de la resistencia. Por esta razón se puede y debe incorporar el entrenamiento de la fuerza cuando el objetivo sea mejorar el rendimiento en resistencia, sin temor a interferir con el desarrollo de la capacidad aeróbica.
3. El entrenamiento de fuerza con autocarga, es un método válido y óptimo de entrenamiento, para producir cambios a nivel neuromuscular y cardiorrespiratorio, además de producir modificaciones en la composición corporal en jugadores jóvenes de fútbol.
4. Los jugadores madurativamente avanzados (juveniles) presentan mejores indicadores de rendimiento que los atrasados en la maduración (cadetes), en todas las variables estudiadas.
5. Un entrenamiento de 37 semanas con el tratamiento de autocargas tanto en categoría cadete como en juveniles, produce cambios en más variables (CMJ, VO<sub>2</sub>max, peso, altura y masa muscular) con respecto al tratamiento de sobrecargas de la misma duración en los mismos grupos (CMJ, VO<sub>2</sub>max, % graso y masa muscular).
6. La variedad de ejercicios incluidos en la modalidad de autocargas (acciones de golpeo, acciones de lucha, acciones de cambios de dirección, acciones pliométricas, aceleraciones/desaceleraciones, etc.), parece ser más efectivo que los ejercicios de fuerza tradicionales con sobrecargas (sentadillas, press banca, hip trust, etc.).
7. No existe ningún tipo de efecto negativo y/o interferencia, en ninguna de las variables estudiadas tras la aplicación de los estímulos de entrenamiento de fuerza combinados con la dinámica normal de entrenamiento técnico-táctico durante una temporada completa.
8. Los tratamientos de fuerza aplicados, producen un efecto positivo sobre la capacidad de salto, siendo significativo entre la primera y la última medición (mejoras del 17.54 %



en autocargas y del 16.54 % en sobrecargas). Por ello, es importante trabajar la fuerza en edades tempranas para una correcta estimulación y potenciación neuromuscular.

9. Los tratamientos de fuerza aplicados, producen un efecto positivo sobre el consumo máximo de oxígeno, siendo significativo entre la primera y la última medición (mejoras del 7.58 % en autocargas y del 6.69 % en sobrecargas). Por lo que no se han producido interferencias sobre las adaptaciones cardiovasculares.
10. El tratamiento de fuerza con sobrecargas ha sido más efectivo para la reducción del % graso en ambas categorías (reducción significativa del 13.94 % tras 37 semanas de entrenamiento).
11. Los tratamientos de fuerza propuestos no han afectado al crecimiento y desarrollo de jugadores jóvenes. Todo lo contrario, tanto en cadetes como en juveniles se han producido aumentos desde el 0.5 al 1.84 % en la variable altura (cm).
12. Ambos tratamientos de fuerzan, han demostrado ser óptimos y efectivos (autocargas 8.30 %; sobrecargas 4.81 %) para la ganancia de masa muscular en ambas categorías.
13. Cada demarcación posee exigencias y necesidades diferentes, por lo que habría que trabajar más la individualización en los tratamientos para obtener mejoras de rendimiento específicas para cada categoría y demarcación específica.
14. Con respecto al CMJ, el mayor % de cambio en categoría cadete, fueron los delanteros (22.36 %) del tratamiento GSOBC y en juveniles los laterales (21.40 %) del tratamiento GAUTJ.
15. Referente al  $VO_2\text{max}$ , el mayor % de cambio en categoría cadete, fueron los defensas centrales (9.12 %) del tratamiento GSOBC, y en juveniles los delanteros (8.17 %) del tratamiento GSOBJ.
16. En lo referente a las variables de composición corporal, el mayor % de cambio en la variable peso en cadete, fueron los delanteros (10.90 %) del tratamiento GAUTC y en juveniles los extremos (6.44 %) del tratamiento GAUTJ. La variable altura, presento un mayor % de cambio en cadetes en la demarcación de centrocampistas (2.02 %) del tratamiento GAUTC y en juveniles en la demarcación de delantero (1.16 %) del tratamiento GAUTJ. Con respecto al mayor % en la disminución del % graso, en la

categoría cadete fueron los extremos (18.05 %) del tratamiento GSOBC y en juveniles las defensas centrales (17.89 %) del tratamiento GSOBJ. Por último, el % de cambio con respecto al aumento de masa muscular, fueron para los delanteros (11 %) del tratamiento GAUTC, en la categoría cadete y los extremos (7.38 %) del tratamiento GAUTJ, para la categoría juvenil.

17. Los centrocampistas de ambas categorías, son la única demarcación que mejora en todas las variables de rendimiento evaluadas, tras el entrenamiento de fuerza.
18. Un mayor nivel de condición física, implica obtener un mayor rendimiento físico en competición. Factores como la potencia muscular, potencia aeróbica y altos niveles de masa muscular, son claves para que los jugadores puedan desarrollar correctos niveles de rendimiento físico a alta intensidad durante un partido de fútbol.
19. Las mejoras en el rendimiento son de gran importancia y aplicación práctica para la preparación de los jugadores jóvenes de fútbol. Se recomienda por tanto a los entrenadores y/o preparadores físicos, implementar un programa de entrenamiento de fuerza durante la temporada, para mejorar el rendimiento de sus jugadores.
20. La finalidad de todo programa de entrenamiento en jóvenes deportistas, debería ser mantener la adherencia a la actividad física como estilo de vida. Para ello, es fundamental mejorar la fuerza y el resto de habilidades y/o cualidades, para evitar lesiones y frustraciones. Solo a través de las prácticas seguras y efectivas, se podrá mejorar el estado físico, el rendimiento deportivo y la salud

# **CAPÍTULO VII: LIMITACIONES DE LA TESIS**

### 7.1. Limitaciones de la tesis

1. Una posible limitación podría ser la influencia de algunas variables extrañas ajenas a nuestro control: durante algunas sesiones de entrenamiento los participantes manifestaron encontrarse bastante cansados, probablemente por el hecho de que tuvieron altas demandas físicas en sus entrenamientos, lo cual pudo suponer un grado de estrés no previsto y no provocado por el entrenamiento.
2. Otra limitación de este estudio ha sido el no haber tenido en cuenta la cuantificación de la carga de entrenamiento de cada uno de los participantes (RPE, Frecuencia Cardíaca, GPS, etc.) y haber podido comprobar su posible relación con los diferentes resultados obtenidos en las variables analizadas.
3. Con respecto al tratamiento de la carga, otra de las posibles limitaciones ha sido el control de la carga a través del % de RM y no con la velocidad de desplazamiento de la carga. Esto así debido a que no hemos dispuesto de material de medición específico y el enconder líneal no era de nuestra propiedad, por lo que diariamente no hemos podido entrenar con este control tan exhaustivo.
4. Otra limitación de esta investigación, ha sido la variabilidad de los tiempos de recuperación entre series que nos hemos encontrado en el tratamiento con sobrecargas. Esto se debe a qué el centro deportivo en el que se ha llevado a cabo el entrenamiento, es externo a la academia, por lo cual, también es utilizado por otros usuarios y nos hemos visto en ocasiones con tiempos de espera ligeramente superiores a los establecidos.
5. Otra posible limitación ha sido el historial deportivo de entrenamiento que han seguido los jugadores en sus anteriores clubes antes de llegar a nuestra academia de alto rendimiento, pues los procesos de entrenamientos externos antes de llegar a nuestro centro no son controlados por nosotros, por lo que hemos tenido jugadores con déficits condicionales (asimetrías, debilidades musculares, poco desarrollo de trabajos de fuerza, recuperación de lesiones inadecuadas, etc.) y que además nunca realizaron test condicionales (salto, velocidad, resistencia, equilibrio, etc.).
6. Con respecto al control nutricional y el descanso, ha podido ser otra limitación de esta investigación. No existieron protocolos específicos de alimentación en los jugadores. Al igual que los hábitos de descanso. Al tratarse de una academia dónde los jugadores conviven alejados de sus familiares y presentan altos niveles de autonomía, toda actividad extradeportiva es muy difícil de controlar, por lo que hábitos como el descanso, sueño y alimentación, se han antojado difíciles de controlar y han podido influir en mayor o menor medida en las adaptaciones producidas con el entrenamiento.

# **CAPÍTULO VIII: APLICACIONES PRÁCTICAS**

### 8.1. Aplicaciones prácticas

Gracias a las conclusiones obtenidas en la presente tesis doctoral, las aplicaciones prácticas son numerosas y entre ellas destacan las siguientes:

1. Con ambos tratamientos (autocargas y sobrecargas), se han mejorado el CMJ,  $VO_2\text{max}$  y la composición corporal en jugadores jóvenes de fútbol. Luego este tipo de entrenamiento puede aplicarse a cualquier modalidad deportiva y lograr beneficios tanto a corto como medio y largo plazo.
2. Al comprobar los datos positivos del entrenamiento de fuerza con autocargas, podemos indicar que es un método válido y efectivo para mejorar el rendimiento deportivo. De esta manera, se proponen herramientas y/o ejemplos prácticos, para aquellos clubes, entrenadores y/o preparadores físicos, que no dispongan de grandes medios económicos que les permita tener material de alto coste.
3. La alta variabilidad de ejercicios propuestos en el tratamiento de fuerza con autocargas, han producido adaptaciones positivas en la fuerza explosiva y a nivel cardiorrespiratorio. Estos ejercicios han presentado patrones de movimientos cercanos a los que se realizan en competición, por lo que su aplicación a la práctica de entrenamientos y competición es muy interesante.
4. Los efectos del entrenamiento de fuerza en nuestro estudio, atendiendo a la categoría y puesto específico, nos da información sobre las características de adaptabilidad en los futbolistas jóvenes, lo que nos permite el diseño y aplicación de programas de fuerza específicos a las necesidades de cada una de las categorías y/o demarcaciones.
5. Todos los programas de entrenamiento estudiados en la presente Tesis Doctoral, y debido a sus características, son fácilmente aplicables dentro del proceso de entrenamiento en fútbol.
6. A nivel psicológico, variar la metodología de entrenamiento puede suponer una liberación y reducción de la presión para los futbolistas, habituados al mismo tipo de trabajo.

# **CAPÍTULO IX: FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

### 9.1. Futuras líneas de investigación

Por otro lado, como resultado de los hallazgos presentes en esta investigación, una vez finalizada la Tesis Doctoral, el doctorando tiene previsto continuar su labor investigadora, en relación con las siguientes líneas de investigación:

1. Incrementar el número de investigaciones en esta población. Es escasa la información relativa sobre todo al entrenamiento de fuerza con autocargas en categorías formativas de fútbol, pudiendo ser de gran utilidad de cara al diseño e implementación de metodologías de entrenamiento que eleven el nivel de conocimiento de esta cualidad en estos grupos de edad.
2. Comparar la efectividad del método de fuerza con autocargas en futbolistas adultos, tanto de categoría amateur y/o profesional, y observar las adaptaciones neutras/negativas/positivas, que puede producir esta metodología de entrenamiento en fútbol, sobre el resto de cualidades condicionales.
3. Cada vez aparece más evidencia en jugadores profesionales de que los puestos específicos en competición requieren y tienen características distintas. El conocimiento de dichos perfiles en edades tempranas podría permitir un mayor nivel de especialización e individualización del entrenamiento.
4. Teniendo los resultados de esta tesis, se pueden plantear estudios similares utilizando tratamientos con distintos periodos temporales y comparando el trabajo de autocargas con otras metodologías de entrenamiento de fuerza dispositivos inerciales, sistemas en suspensión (KINE), métodos vibratorios, etc.
5. Como trabajo descriptivo, se recomienda realizar un estudio longitudinal durante 2 o más temporadas consecutivas, y observar si tanto el desarrollo madurativo como el cronológico van en la misma línea.
6. Relacionar los efectos de ambos tratamientos de fuerza con el número y severidad de lesiones ocurridas durante una temporada completa y comprobar su efectividad en la prevención de lesiones y en la mejora del rendimiento.
7. Relacionar los efectos de ambos tratamientos de fuerza con un control de la carga más exhaustivo (RPE, % de pérdida de velocidad, etc.) durante una temporada completa y comprobar su efectividad en la detección de los estados de forma más óptimos a los que puede llegar un jugador.



8. Comprobar si además de los efectos producidos por el entrenamiento de fuerza en esta población, el llevar un control sobre la alimentación y el descanso más exhaustivo, puede potenciar el rendimiento deportivo en estas categorías.
9. Por último, sería interesante analizar los efectos de ambos tratamientos de fuerza con estas características en deportistas de otras disciplinas deportivas.

## **CAPÍTULO X: ANEXOS**

**ANEXO 1: Consentimiento informado (Para jugadores menores de edad y adultos)**

CONSENTIMIENTO INFORMADO para el estudio “EFECTOS DE DOS MODELOS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA SOBRE EL SALTO VERTICAL, EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL DURANTE UNA TEMPORADA EN JUGADORES JÓVENES DE FÚTBOL ATENDIENDO A LA CATEGORÍA Y PUESTO ESPECÍFICO”.

Si es menor de edad:

D.....  
menor de edad, con D.N.I. o PASAPORTE ..... actuando como padre, madre o  
tutor/a ..... del  
jugador.....

DECLARO: Que he sido informado por el Preparador Físico ..... sobre las posibles consecuencias de la realización de un entrenamiento de fuerza realizado dos veces a la semana y los test físicos de salto vertical (CMJ), rendimiento intermitente (30-15 IFT) y control de la composición corporal mediante el uso de bioimpedancia, así como los riesgos potenciales y molestias que pudieran derivarse, a la vez que he podido realizar todas las preguntas que he considerado necesarias, siendo respondidas de manera comprensible para mí. También, se me ha informado del derecho del jugador a rechazar el entrenamiento o revocar este consentimiento.

Por lo tanto, CONSIENTO al jugador a someterse a los protocolos indicados. Si este caso puede ser de utilidad científica y para tal fin se publican artículos científicos, autorizo su publicación siempre y cuando se me garantice el más absoluto respeto a la intimidad y anonimato de mi autorizado.

Firma del padre, madre o tutor/a

Firma del responsable del estudio

En ....., a ..... de ..... de 20...

CONSENTIMIENTO INFORMADO para el estudio “EFECTOS DE DOS MODELOS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA SOBRE EL SALTO VERTICAL, EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL DURANTE UNA TEMPORADA EN JUGADORES JÓVENES DE FÚTBOL ATENDIENDO A LA CATEGORÍA Y PUESTO ESPECÍFICO”.

Si es mayor de edad:

D.....  
mayor de edad, con D.N.I. o PASAPORTE ..... actuando como jugador de fútbol.

DECLARO: Que he sido informado por el Preparador Físico ..... sobre las posibles consecuencias de la realización de un entrenamiento de fuerza realizado dos veces a la semana y los test físicos de salto vertical (CMJ), rendimiento intermitente (30-15 IFT) y control de la composición corporal mediante el uso de bioimpedancia, así como los riesgos potenciales y molestias que pudieran derivarse, a la vez que he podido realizar todas las preguntas que he considerado necesarias, siendo respondidas de manera comprensible para mí. También, se me ha informado de mi derecho a rechazar el entrenamiento o revocar este consentimiento.

Por lo tanto, CONSIENTO someterme a los protocolos indicados. Si este caso puede ser de utilidad científica y para tal fin se publican artículos científicos, autorizo su publicación siempre y cuando se me garantice el más absoluto respeto a la intimidad y anonimato de mi autorizado.

Firma del jugador

Firma del responsable del estudio

En ....., a ..... de ..... de 20...

**ANEXO 2: Cronograma del proceso de intervención.**

CALENDARIO 2018/2019						
<b>julio 2018</b>						
L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					
<b>agosto 2018</b>						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		
<b>septiembre 2018</b>						
L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
<b>octubre 2018</b>						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				
<b>noviembre 2018</b>						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		
<b>diciembre 2018</b>						
L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						
<b>enero 2019</b>						
L	M	X	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			
<b>febrero 2019</b>						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28			
<b>marzo 2019</b>						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31
<b>abril 2019</b>						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					
<b>mayo 2019</b>						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		
<b>junio 2019</b>						
L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

	<b>Inicio temporada</b>		<b>Fase 1 Cadete</b>		<b>Fase 1 Juvenil</b>
	<b>Fin temporada</b>		<b>Fase 2 Cadete</b>		<b>Fase 2 Juvenil</b>
	<b>Composición Corporal</b>		<b>Fase 3 Cadete</b>		<b>Fase 3 Juvenil</b>
	<b>CMJ</b>		<b>Fase 4 Cadete</b>		<b>Fase 4 Juvenil</b>
	<b>VO<sub>2</sub>max</b>	<b>FASES ENTRENAMIENTO DE FUERZA AUTOCARGAS Y SOBRECARGAS</b>			

**ANEXO 3: Activación de CORE.****ACTIVACIÓN DE CORE**

Tras la activación cardiovascular, cada sesión de entrenamiento comenzará con el siguiente trabajo de CORE.

**SERIES****2****DENSIDAD****15" trabajo - 15" descanso****REPETICIONES****10** (se indica en la imagen)**PLANCHA FRONTAL****PLANCHA LATERAL****BIRD-DOG****AB WHEEL****EXCÉNTRICO LATERAL FB****PALLOF PRESS****FLEXO-EXTENSIÓN FB****PLANCHA LATERAL + GLÚTEO****TORQUE MONOPODAL + PESO**

## ANEXO 4: Estiramientos

ESTIRAMIENTOS		
<div>Evitar dolor</div> <div>10 – 15" de estiramientos</div>		
<b>PECTORAL</b>	<b>BÍCEPS</b>	<b>TRÍCEPS</b>
<b>DELTOIDE</b>	<b>CUÁDRICEPS</b>	<b>ISQUIOSURALES</b>
<b>ADDUCTORES</b>	<b>PSOAS</b>	<b>GLÚTEOS</b>
<div>FOAM ROLLER</div> <div> <div>SERIES</div> <div>2</div> <div>REPETICIONES</div> <div>45"</div> <div>DESCANSO</div> <div>15"</div> </div>		
<b>CUÁDRICEPS</b>	<b>ISQUIOSURALES</b>	<b>GEMELOS</b>
<b>TENSOR FASCIA LATA (TFL)</b>	<b>ADDUCTORES</b>	<b>GLÚTEOS</b>



**ANEXO 5: Entrenamiento de fuerza con autocarga.****FASE I. ADAPTACIÓN NEUROMUSCULAR****PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)****DÍA 1 (TREN SUPERIOR)****1. Hombros goma elástica (Frontal y Lateral)****2. Flexiones normales****3. Fondo Tríceps****4. Bíceps goma elástica****5. Remo con goma****DÍA 2 (TREN INFERIOR)****1. Squat con pica****2. Puente Glúteos Bipodal****3. Elevación Gemelos****4. Isométrico Cuádriceps****5. Lunge estáticos****5. Monster Walk**



**FASE II. POTENCIACIÓN NIVEL I****PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)****DÍA 1 (TREN SUPERIOR)****1. Push Up declinados****2. Pecho TRX****3. Tríceps TRX.****4. Remo TRX****5. Bíceps TRX****6. Lanzamiento Balón Medicinal pared (4 kg)****DÍA 2 (TREN INFERIOR)****1. Sentadilla bipodal y unipodal TRX****2. Flexo-Extensión Isquios TRX****3. Cuádriceps/Isquios con Tirante Muscular****4. Nordic Hamstring****5. Patada Isquios con goma elástica**

## FASE III. TRANSICIÓN DE ALTA INTENSIDAD

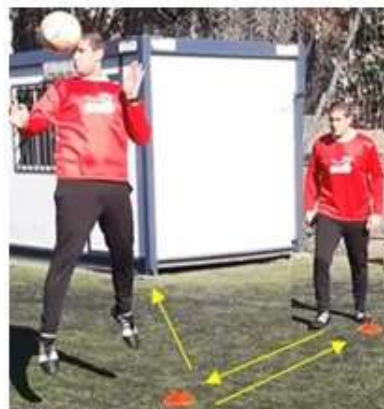
### PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)

#### DÍA 1 TRABAJO FUNCIONAL

##### 1. Gesto Golpeo Fitball



##### 2. Ida y vuelta + salto + remate de cabeza



##### 3. Ida y vuelta + golpes



##### 4. Tracción hacia atrás con fitball



##### 5. Tracción lateral + conducción corta



##### 5. Sato con perturbación





### FASE III. TRANSICIÓN DE ALTA INTENSIDAD

#### PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)

##### DÍA 2 TRABAJO FUNCIONAL

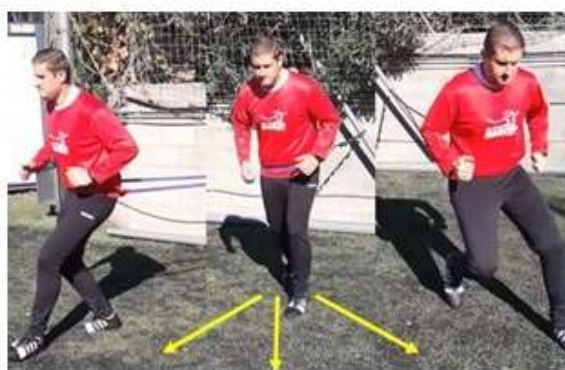
##### 1. Salida atrás + recepción unipodal con gomas



##### 2. Salidas Laterales con goma



##### 3. Salidas frontales con COD con gomas



##### 4. Acción de golpeo con goma



### FASE III. TRANSICIÓN DE ALTA INTENSIDAD

#### PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)

DÍA 1 Pliometría + Aceleraciones/Desaceleraciones + COD

##### 1. Salto + recepción bipodal en banco (frontal)



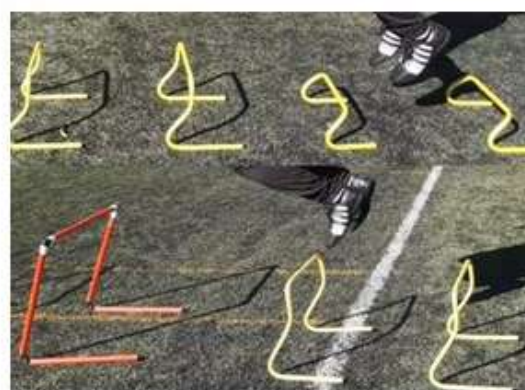
##### 2. Salto + recepción unipodal en banco (frontal)



##### 3. Salto + recepción unipodal banco (lateral)



##### 4. Frecuencia salto en vallas (3 alturas)





# FASE III. TRANSICIÓN DE ALTA INTENSIDAD

## PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)

DÍA 2 Pliometría + Aceleraciones/Desaceleraciones + COD

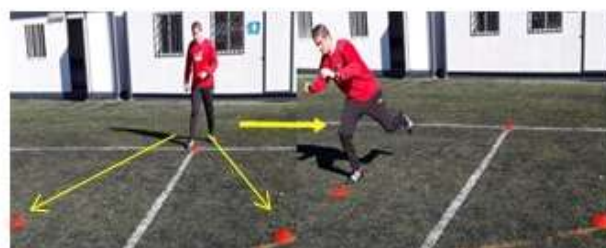
### 1. L-Run



### 2. Aceleración + frenada + aceleración



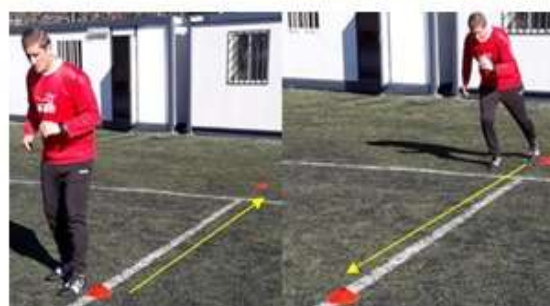
### 3. Aceleración + frenada unipodal frontal



### 4. Aceleración + frenada bipodal lateral



### 5. Aceleración de espalda + salida frontal



## FASE IV. POTENCIACIÓN NIVEL II

### PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)

#### DÍA 1 (TREN SUPERIOR)

##### 1. Push Up chaleco lastrado (10 kg)



##### 2. Flexiones en cajón



##### 3. Remo Unilateral TRX



##### 4. Bíceps Unilateral TRX



##### 5. Lanzamiento lateral balón medicinal (4 kg)



#### DÍA 2 (TREN INFERIOR)

##### 1. Sentadilla Bipodal TRX con chaleco lastrado (10 kg)



##### 2. Salto Unipodal y Bipodal TRX



##### 3. Lunges TRX



##### 4. Flexo-Extensión Isquios Fitball



##### 5. Puente Unipodal



##### 6. Peso Muerto Elástico





## ANEXO 6: Entrenamiento de fuerza con sobrecargas

**FASE 1. ADAPTACIÓN NEUROMUSCULAR****PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)****DÍA 1 (TREN SUPERIOR)****1. PRESS BANCA****2. BÍCEPS BARRA****3. TRÍCEPS POLEA****4. DELTOIDE ANTERIOR 30°****5. REMO MONOMANUAL****DÍA 2 (TREN INFERIOR)****1. SENTADILLA****2. LEG CURL****3. EXTENSIÓN DE CADERA****4. ADDUCTOR MÁQUINA****5. GLÚTEO MEDIO MÁQUINA**

## FASE II. POTENCIACIÓN NIVEL I

### PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)

#### DÍA 1 (TREN SUPERIOR)

##### 1. PRESS BANCA BARRA



##### 2. CURL CONCÉNTRICO



##### 3. TRÍCEPS TRANSNUCA MANC.



##### 4. PRESS MILITAR



##### 5. DOMINADA ASISTIDA



#### DÍA 2 (TREN INFERIOR)

##### 1. SENTADILLA UNIPODAL



##### 2. FLEXO-EXTENSIÓN FB UNIPODAL



##### 3. HIP THRUST



##### 4. EXCÉNTRICO ADDUCTOR FB



##### 5. GLÚTEO MEDIO MÁQUINA





### FASE III. ALTERACIÓN PATRONES DE MOVIMIENTO

#### PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)

##### DÍA 1 (TREN SUPERIOR)

###### 1. PUSH-UP BOSSU



###### 2. BÍCEPS POLEA



###### 3. TRÍCEPS EXTENSIÓN MONOMANUAL POLEA



###### 4. DELTOIDE ANTERIOR + DISCO EN BOSSU



###### 5. REMO BANCO



##### DÍA 2 (TREN INFERIOR)

###### 1. SENTADILLA UNIPODAL FB



###### 2. FLEXO-EXTENSIÓN UNIPODAL FB



###### 3. LUNGE EN BOSSU



###### 4. LUNGE LATERAL EN BOSSU



###### 5. PLANCHA LATERAL EN BOSSU



## FASE IV. POTENCIACIÓN NIVEL II

### PLAN DE ENTRENAMIENTO (2 DÍAS)

#### DÍA 1 (TREN SUPERIOR)

##### 1. PRESS BANCA BARRA



##### 2. CURL EN BANCO SCOTT



##### 3. FONDOS + DISCOS



##### 4. PRESS MILITAR



##### 5. DOMINADA



#### DÍA 2 (TREN INFERIOR)

##### 1. SENTADILLA UNIPODAL



##### 2. LEG CURL UNIPODAL



##### 3. HIP THRUST UNIPODAL



##### 4. PRENSA PIERNAS



##### 5. GLÚTEO MEDIO MÁQUINA



# **CAPÍTULO XI: PUBLICACIONES**



Falces Prieto, M.; González Fernández, F.T.; Baena Morales, S.; Benítez Jiménez, A.; Martín Barrero, A.; Conde Fernández, L.; Suárez Arrones, L.; Sáez de Villarreal, E. (2020). Effects of a strength training program with self-loading on countermovement jump performance and body composition in young soccer players. *Journal of Sport and Health Research*. 12(1):112-125.

## Original

# EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA CON AUTOCARGAS SOBRE EL RENDIMIENTO DE SALTO CON CONTRAMOVIMIENTO Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN JUGADORES DE FÚTBOL JÓVENES

## EFFECTS OF A STRENGTH TRAINING PROGRAM WITH SELF LOADING ON COUNTERMOVEMENT JUMP PERFORMANCE AND BODY COMPOSITION IN YOUNG SOCCER PLAYERS

Falces Prieto, M.<sup>1</sup>; González Fernández, F.T.<sup>2</sup>; Baena Morales, S.<sup>3</sup>; Benítez Jiménez, A.<sup>1</sup>; Martín Barrero, A.<sup>1</sup>; Conde Fernández, L.<sup>4</sup>; Suárez Arrones, L.<sup>5</sup>; Sáez de Villarreal, E.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Research Center High Performance Soccer. Fundación Marcet., Barcelona, Spain.

<sup>2</sup> Faculty of Sports Science. Granada University, Granada, Spain.

<sup>3</sup> Pontifical Comillas University (CESAG), Mallorca, Spain.

<sup>4</sup> Director of Postgraduate Area Performance and Health. San Pablo Andalucía Foundation, Seville, Spain.

<sup>5</sup> Departament of Football & Science, Pablo de Olavide University, Seville, Spain.

Correspondence to:

**Falces Prieto, M.**

Research Center High Performance  
Soccer. Fundación Marcet. Barcelona,  
Spain.

Email: [mfalpri@gmail.com](mailto:mfalpri@gmail.com)

*Edited by: D.A.A. Scientific  
Section Martos (Spain)*



Received: 20/06/2019  
Accepted: 20/10/2019





## RESUMEN

El propósito de esta investigación fue investigar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza con autocargas (EFA) sobre el rendimiento de salto con contramovimiento (CMJ) y la composición corporal (CC) en jugadores de fútbol jóvenes. 60 jugadores jóvenes fueron distribuidos en 4 grupos [Sub16 ( $14,67 \pm 0,49$  años); Sub17 ( $15,73 \pm 0,46$ ); Sub18 ( $16,67 \pm 0,82$ ); Sub19 ( $18,27 \pm 0,46$ )]. Completaron un entrenamiento de fuerza con autocargas durante 8 semanas con una frecuencia de entrenamiento semanal de 2 sesiones de 1 hora por semana. CMJ fue evaluado con la aplicación My Jump® y CC mediante el método de Bioimpedancia (BIA). Los datos fueron recolectados antes y después de la intervención. Se calculó el tamaño del efecto (TE) y un nivel de significación de  $p < 0,05$ . Los principales resultados del estudio mostraron un aumento significativo en el grupo Sub19 ( $p < 0,01$ ) en el rendimiento del CMJ. Una disminución significativa de la masa corporal en el grupo Sub17 ( $p < 0,001$ ). Los grupos Sub17 y Sub19 mostraron una disminución significativa en % de masa grasa ( $p < 0,001$ ) y, por último, se produjo un aumento significativo en la masa muscular ( $p < 0,001$ ) en todos los grupos. El presente estudio confirma que el entrenamiento de fuerza con autocargas es un método válido para producir cambios a nivel neuromuscular y la modificación de composición corporal en jugadores jóvenes de fútbol.

**Palabras clave:** fútbol, adolescentes, rendimiento, entrenamiento neuromuscular, masa muscular, % grasa corporal.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of self-loading strength training program (SLSTP) on countermovement jump performance (CMJ) and body composition (BC) in young soccer players. 60 young soccer players were distributed in 4 groups [U16 ( $14,67 \pm 0,49$  years); U17 ( $15,73 \pm 0,46$ ); U18 ( $16,67 \pm 0,82$ ); U19 ( $18,27 \pm 0,46$ )]. Completed a strength training program with self-loading during 8 weeks with weekly training frequency of 2 sessions of 1 hour per week. CMJ performed with the app My Jump® and BC were analyzed with Bioelectrical Impedance Analysis method (BIA). Data were collected pre- and post-intervention. The effect size (ES) was calculated and a level of significance of  $p < 0,05$ . The main results of the study showed a significant increase in U19 group ( $p < 0,01$ ) in CMJ performance. A significant decrease in body mass in U17 group ( $p < 0,001$ ). U17 and U19 groups showed a significant decrease in % fat mass ( $p < 0,001$ ) and, finally, there was a significant increase in lean mass ( $p < 0,001$ ) in all groups.

The present study confirms that the strength training with self-loading is a valid method to produce changes at the neuromuscular level and modification of body composition in young soccer players.

**Keywords:** soccer, adolescent, performance, neuromuscular training, lean mass, % body fat.



## INTRODUCTION

In the last ten years, strength training (ST) has become very important in soccer coach's planning (Wong, Chaouachi, Chamari, Dellal & Wisloff, 2010) and its relationship to high performance soccer (Arriscado & Martínez, 2017; Bogdanis et al., 2011; Lago-Peñas, Rey, Lago-Ballesteros, Casáis & Domínguez, 2011). In this regard, the central goal of ST is to improve the players' specific and relevant soccer activities inherent to the game (Silva, Nassis & Rebelo, 2015). Different resistance training methodologies have been used to improve physical performance in soccer, such as programs based on traditional exercises, eccentric-overload training, plyometric training, ballistic exercises, olympic exercises, weight lifting and a combination of different methods (Raya-González & Sánchez-Sánchez, 2018; Suárez-Arrones et al., 2019; Suárez-Arrones et al., 2018b). Although these methods are accompanied by expensive material. However, not all institutions have a budget for these materials, for this reason the coach's and fitness coaches try to find valid, simple and economic resources for ST. A generally used method is the based on self-loading (own body mass) (Harrison, 2010; Klika & Jordan, 2013). This methodology is widely used and researched in pre-puberal, younger groups (Faigenbaum & Myer, 2010; Peña, Heredia, Lloret, Martín, & Da Silva-Grigoletto, 2016) and elderly people (Kanda et al., 2018; Tsuzuku et al., 2007; Watanabe et al., 2015) but it is not investigated enough in soccer. Nonetheless, in most cases this methodology of ST, demands high effort from young players otherwise movements can be done with little control during execution (Navarro & Javier, 2007). Therefore, a lot more research is needed in this important topic.

The impact of ST on measures of athletic performance such as sprinting, agility, and vertical jumping remains controversial (Hammami, Negra, Shephard, & Chelly 2017). One of the valid tests to observe the adaptation in training is the countermovement jump (CMJ) (Di Giminiani & Visca, 2017; Thomas, French & Hayes, 2009). Traditionally, the CMJ test is a standard measure of lower body power (McMahon, Jones, Suchomel, Lake & Comfort, 2017). In addition, has been demonstrated a relationship between ST and

CMJ improvement (Bridgeman, McGuigan, Gill & Dulson, 2018; Comfort, Stewart, Bloom & Clarkson, 2014). Currently, we know about the activity profile of high intensity intermittent characters of soccer competition such as accelerations and decelerations, linear sprints, changes of direction and jumps (Otero-Esquina, De Hoyo, Gonzalo-Skok, Domínguez-Cobo & Sánchez, 2017; Sáez de Villarreal, Suárez-Arrones, Requena, Haff & Ferrete, 2015). Therefore, we suggest that soccer players need high levels of muscular strength, especially in their lower body to perform previous types of high intensity actions mentioned (Michailidis et al., 2013), this underlines the importance of ST. Consequently, it is essential that the ST work is done at an early age for players of children, youth and adults to obtain optimal performance (Sáez de Villarreal et al., 2015).

Recently, researchs in soccer have described changes in body composition (BC) after ST (Barjaste & Mirzaei, 2018; Castiblanco & Suárez, 2013; Suárez-Arrones et al., 2019; Suárez-Arrones et al., 2018b). The influence of ST on BC has become an important research topic given that the prevalence of obesity in children and adolescents continues to increase (Faigenbaum & Myer, 2010). Furthermore, to date, no study has assessed the effect of ST with self-loading on BC in young male soccer players. BC is a key fitness element relevant to football player performance (Suárez-Arrones et al., 2019). Kalapotharakos, Strimpakos, Vithoulka & Karvounidis (2006), showed that professional teams with the best position in the classification, presented low values of % fat compared to the teams of medium and low position of the same division. Thus, while there are not clear standards on what would be the "ideal" BC for a soccer player, practitioners are likely to search for relatively low levels of fat mass (Suárez-Arrones et al., 2018) and the maintenance of the adequate skeletal muscle mass compatible with the locomotor demands imposed by soccer (Suárez-Arrones et al., 2018b). The BC of young people undergoes rapid changes during their growth spurts, with substantial changes in height and weight (Tanner, Whitehouse & Takaishi, 1966). In addition, the best longitudinal predictor for leg power in late-adolescence football players was fat-free mass (Suárez-Arrones et al., 2019).



To our knowledge, there is no previous research that has evaluated the effects of a ST program with self-loading on CMJ performance and BC in soccer players. Therefore, the aim of the present study was to describe the changes in CMJ performance and BC with 2 self-loading ST sessions a week for 8 weeks in young male soccer players. On the basis of the previous research on ST program with self-loading, we expected that after completion our proposed ST program the players would improve their CMJ and improve the development of lean mass.

## METHODS

### *Participants*

Sixty male's soccer players began the present study. The players were arranged in 4 groups according to their age [U16 (n: 15; age=  $14.67 \pm 0.49$  years; height=  $171.33 \pm 5.12$  cm; U17 (n: 15; age=  $15.73 \pm 0.46$  years; height=  $173.73 \pm 6.02$  cm; U18 (n: 15; age=  $16.67 \pm 0.82$  years; height=  $175.80 \pm 6.32$  cm; U19 (n:15; age=  $18.27 \pm 0.46$  years; height=  $175.87 \pm 6.21$  cm)]. The selected participants were those who had previous experience in ST with self-loading. All participants had been playing soccer for more than five years and at the time of the present research they were recruited in High-Performance Soccer Academy. In fact, all participants were recruited via flyers and they reported normal or corrected to normal vision, had no history of neurological or physical disorders, and gave informed consent prior to the start of the experiment. Eight players were excluded [three U16, two U17 (temporary participation) and three U19 (injured during the study)]. The players practiced 5 times per week, 90 min per session, with an official competition every weekend. All players participated in 16 proposed sessions (100%). All participants and parents were carefully informed of the experimental procedures and possible risk and benefits associated with participation in the study. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Ethics Committee of the Pablo de Olavide University.

### *Procedures*

The current research used the independent variable (self-loading strength training program SLSTP), to determine if significant differences existed between the pre-test and post-test of the dependent variables (CMJ performance and BC). The SLSTP intervention workouts were scheduled as 1-hour sessions twice per week, during 8-week period. The evaluations were carried out before and after the interventions. The participants visited the soccer lab in two separate occasions (pre and post-intervention), always at the same time of the day (between 16:30 and 18:30 pm). All evaluations were supervised by the same 3 fitness coaches and under the same established pattern of action. The data was collected in paper format and integrated into the Excel program of Microsoft Office®.

CMJ performance. The evaluation was performed with the app My Jump® (Balsalobre-Fernández, Glaister & Lockey, 2015a; Muñoz et al., 2018) using a Tablet IPAD® (model Air 2, Yerba Buena Center, California). The protocol followed with My Jump® started with the registration of the soccer players in the app. Once a player was registered, his jump was recorded using the high-speed camera featured in the Tablet IPAD®. Then, the last take-off photogram and the first landing photogram were selected, and the app provided the height of jump variable. CMJ was performed with both hands on the hip releasing a countermovement until the knee's flexion was approximately 90°, jumping as high as possible maintaining the lower extremities extended during the entire flight phase (Balsalobre-Fernández, Nevado-Garrosa, del Campo-Vecino & Ganancias-Gómez, 2015b; Castro-Piñero et al., 2010). If any of these requirements was not met, the trial was repeated. Participants performed a standardized 10-minute warm-up before the CMJ evaluation. The warm-up included low-intensity continuous jogging (5-min), dynamic stretching, articular motion exercises (3 min) and finally, 6 CMJ carried out with increasing intensity (2 min). After the warm-up there was a 5-minute period of recuperation, after which 3 CMJ jumps were carried out with 1-minute of rest between repetitions (Comfort et al., 2014).



BC. Stature of soccer players was measured with a stadiometer (Seca® 206, Hamburg, Germany). The BC was performed in the morning (8:00 am) of evaluation days. The variables body mass (BM), % fat mass (% FM) and lean mass (LM) were analyzed with Bioelectrical Impedance Analysis method (BIA) using a TANITA® (MC-980MA PLUS, Arlington Heights, Illinois), where the players go up without footwear, without breakfast (Falces-Prieto, 2017) and wore only shorts and removed any metal and jewelry prior to assessment (Suárez-Arrones et al., 2019). BIA is a widely used method for estimating BC (García-Soidán et al., 2014; Serrano et al., 2007) and offers a method to non-invasively assess the fluid distribution and BC of soccer players (Fassini et al., 2017).

**Pre-intervention.** Players had a period of familiarization with this type of SLSTP. Before the start of treatment, several previous sessions were held so that the players could correctly perform the technical execution of all exercises that the SLSTP consisted of. All the evaluations were performed in the same time and space, with the usual clothing for the soccer player, the specific footwear and supervised by the same technical specialists. Players selected for this study visited the laboratory and were evaluated in a session of approximately 2 hours and under similar weather conditions (~ 22°C and ~ 60 % humidity). The evaluations were made 48 hours before the start of the 8-week intervention.

**Intervention.** The players completed a SLSTP for 8 weeks, to determine the effects on CMJ performance and BC. Our SLSTP follows recommendations of experts in the topic (Peña et al., 2016), given that it had a weekly training frequency of 2 sessions of 1 hour per week and was developed over 8 weeks (between the months of September-October 2018). The recovery time between exercises was 1 min 30 seconds. During the intervention, all the players performed the same ST programme (See table 1).





Table 1. Detailed description of the 8-week SLSTP.

<i>Weeks</i> <i>Exercise/ Session</i>	<i>W1</i> <i>S1-S2</i>	<i>W2</i> <i>S3-S4</i>	<i>W3</i> <i>S5-S6</i>	<i>W4</i> <i>S7- S8</i>	<i>W5</i> <i>S9-S10</i>	<i>W6</i> <i>S11-S12</i>	<i>W7</i> <i>S13-S14</i>	<i>W8</i> <i>S15-S16</i>
Normal Push-ups	4x15	4x15	4x12	4x12	4x10	4x10	4x8	4x8
Unilateral row TRX	4x15	4x15	4x12	4x12	4x10	4x10	4x8	4x8
Biceps unilateral TRX	4x15	4x15	4x12	4x12	4x10	4x10	4x8	4x8
Declined Push-ups	4x5	4x5	4x8	4x8	4x10	4x10	4x12	4x12
Launch Medical Ball*	4x15	4x15	4x12	4x12	4x10	4x10	4x8	4x8
Unilateral Jump TRX	4x15	4x12	4x10	4x10	4x8	4x8	4x6	4x6
Bipodal Jump TRX	4x15	4x12	4x10	4x10	4x8	4x8	4x6	4x6
Lunge TRX	4x15	4x12	4x10	4x10	4x8	4x8	4x6	4x6
Flexo-extension hamstrings with fitball	4x15	4x12	4x10	4x10	4x8	4x8	4x6	4x6
Unipodal bridge	4x15	4x12	4x10	4x10	4x8	4x8	4x6	4x6
Nordic hamstrings	4x10	4x10	4x8	4x8	4x8	4x8	4x6	4x6

Abbreviations: W, Weeks; S, Session; series x repetitions; Note: \*External load (4 kg); TRX, suspension training material. Recovery time between series 2 minutes. Recovery time between repetitions 30 seconds.



Post-Intervention. The post-intervention was performed 48 hours after the last training session and under the same conditions as in the pre-intervention.

### Statistical Analyses

Descriptive statistics were represented as mean (SD). Tests of normal distribution and homogeneity (Kolmogorov-Smirnov and Levene's) were conducted on all data before analysis. Wilcoxon test was used for determining within-group differences as a repeated measure analysis (pre-post). Additionally, a t-test was used to compare the CMJ performance and BC (BM, % FM and LM) pre-post recorded during the experiment. Effect size (ES) was indicated with Cohen's d (Cohen, 1992) to evaluate magnitude of differences. The level of significance was  $p < 0.05$ . Data analysis was performed using Statistica (version 10 by Statsoft, Santa Clara, California).

## RESULTS

### CMJ performance

Changes in CMJ performance after SLSTP are shown in Table 2. Only significant differences were observed ( $p < 0.01$ ) in U19 group between pre and post-test ( $34.37 \pm 4.09$  and  $37.12 \pm 4.63$ ).

**Table 2. CMJ performance of the different groups in the pre- and post-intervention.**

CMJ				
	Pre	Post	P	ES
U16	35,19 (4,60)	36,66 (5,04)	0,11	-0,30
U17	34,48 (4,71)	34,44 (4,22)	0,96	0,008
U18	35,19 (4,60)	36,67 (5,05)	0,11	-0,30
U19	34,37 (4,09)	37,12 (4,63)	0,01*	0,62

\*Significant difference Pre-Post ( $P < 0,05$ ). Effect size (ES). Note: Data are presented as mean (SD).

### BC

Changes in BC after SLSTP are shown in Table 3. Significant decrease ( $p < 0,001$ ) in BM only in U17 group ( $66,42 \pm 7,24$  and  $65,82 \pm 7,20$ ). % FM was significantly reduced ( $p < 0,001$ ) in U17 ( $13,25 \pm 1,84$  and  $12,54 \pm 1,55$ ) and U19 ( $12,73 \pm 2,37$  and  $12,11 \pm 1,75$ ) respectively. Finally, groups U16 ( $55,68 \pm 5,36$  and  $56,77 \pm 5,52$ ), U17 ( $57,56 \pm 5,96$  and  $58,60 \pm 5,89$ ), U18 ( $58,05 \pm 5,16$  and  $59,54 \pm 5,76$ ) and U19 ( $55,68 \pm 5,36$  and  $56,77 \pm 5,52$ ), showed that LM was increased significantly ( $p < 0,001$ ) after SLSTP.

**Table 3. BC variables between pre- and post-intervention.**

BC				
BM (Kg)				
	Pre	Post	P	ES
U16	66,36 (6,41)	66,99 (6,96)	0,09	-0,09
U17	66,42 (7,24)	65,82 (7,20)	0,001*	0,08
U18	66,37 (6,99)	66,99 (6,66)	0,09	0,09
U19	63,90 (6,89)	63,69 (6,76)	0,40	0,03
% BF				
U16	12,44 (2,20)	11,79 (1,85)	0,05	0,31
U17	13,25 (1,84)	12,54 (1,55)	0,001*	0,41
U18	12,44 (2,21)	11,80 (1,86)	0,05	0,31
U19	12,73 (2,37)	12,11 (1,75)	0,001*	0,29
LM (Kg)				
U16	55,68 (5,36)	56,77 (5,52)	0,001*	0,27
U17	57,56 (5,96)	58,60 (5,89)	0,001*	0,17
U18	58,05 (5,16)	59,54 (5,76)	0,001*	0,28
U19	55,68 (5,36)	56,77 (5,52)	0,001*	0,20

\*Significant difference Pre-Post ( $P < .05$ ). Effect size (ES). Note: Data are presented as mean (SD). Kg: Kilograms.



## DISCUSSION

The present study analyzed the effects of 2 SLSTP sessions a week for 8 weeks on CMJ performance and BC in young soccer players. Previous investigations conducted on young soccer players have reported typically greater training effects [ES: 0,86 (Christou et al., 2006); ES: 0,62 (Chelly et al., 2009)] after a ST program with either moderate or heavy loads, respectively. On the other hand, Kanda et al., (2018), showed that types of low-intensity exercise with slow movement (LST) with self-loading training also had an improvement effect on motor function and that the effect was similar that of LST training completed using exercise machines. However, according to our knowledge, it is the first study that relates this methodology of SLSTP on CMJ performance and BC in young soccer players.

Although the groups U16 and U18 improved the CMJ performance, the results of present study, confirmed mainly that the CMJ performance only showed a significant increase in the U19 group ( $p < 0,01$ ), confirming the hypothesis of the study only in this group. Our results were similar to those found by Malina, Eisenmann, Cumming, Ribeiro & Aroso (2004), which, indicated that the improvement in jumping ability seems to go parallel to the biological maturation of young soccer players. Therefore, this effect could be attributed to the greater amount of testosterone produced, which would enhance the nervous system and favor the phenotypic expression of fast fibers (Almáinan, 2018).

Our results are in agreement with various studies, De Hoyo et al., (2016), analyzed the effects of 3 different low/moderate load ST methods (full-back squat, resisted sprint with sled towing, and plyometric and specific drills training) in U19 elite soccer players on sprinting, jumping, and change of direction abilities in soccer players with 2 specific ST sessions per week, in addition to their normal training sessions for 8 weeks. Substantial improvements were found in every group in comparison to pretest results in CMJ performance ([ES]: (0,50– 0,57). Comfort et al., (2014), showed that a training with maximal back squat strength in 34 young soccer players trained for half a season combining 4-5 sessions of specific technical-tactical

training plus 2 sessions of ST per week, improving parameters in CMJ ( $r = 0,760$ ,  $p < 0,001$ ). Christou et al., (2006), showed significant improvements in CMJ performance ( $29,0 \pm 1,6$  and  $32,9 \pm 1,4$ ,  $p < 0,05$ , ES 1,49) in U15 soccer players with maximal ST with a load 55–80% of 1 repetition maximum (1RM) 2 times per week after 8 weeks. Regarding the U17 group ( $34,48 \pm 4,71$  and  $34,44 \pm 4,22$ ,  $p < 0,96$ ), our results were in accordance with the study of Romero-Boza, Feria-Madueño, Sañudo-Corrales, De Hoyo & Del Ojo-López, (2014), where they evaluated the effect of a ST in isoinertial system for 15 weeks in young elite players on CMJ performance, without obtaining significant changes in this variable of analysis, so we could conclude, that this type of SLSTP with the specified duration had no effects on CMJ performance in this group. These findings highlight the importance of assessing muscular strength from early ages (Castro-Piñero et al., 2010). Researchs in soccer have described changes in BC after ST (Barjaste & Mirzaei, 2018; Castiblanco & Suárez, 2013; Suárez-Arrones et al., 2019; Suárez-Arrones et al., 2018b). To our knowledge, no research study has described the effects of SLSTP in soccer on BC. With respect to the variable BM only the U17 group ( $p < 0,001$ ), showed a significant decrease from pre to post-test. Our data are in accordance with the study of Castrillón, Torres-Luque & de León (2009), in which, they carried out a program of ST in intermittent circuit with overloads, 3 times per week, between 62-72% of 1RM during 8 weeks, observing a decrease in BM of 2.04 %. Excess of FM and insufficient fat-free mass (FFM) could have a negative impact on performance (Bunc, Hráský & Skalská, 2015). Also interesting is the fact that young soccer players show a high percentage of body fat due to absolute low levels of lean mass and not high levels of fat mass per se (Milsom, Naughton, O'Boyle, Iqbal, Morgans, Drust, & Morton, 2015). % FM data in groups U16 and U18 decreased after the SLSTP, although they were not significant as in the study of Christou et al., (2006). However, U17 ( $p < 0,001$ ) and U19 ( $p < 0,001$ ) groups reduced it significantly after 8 weeks. Similar results were found in the study of Haghighi, Moghadasi, Nikseresht, Torkfar & Haghighi (2012). They showed a significant decrease in % FM in thirty elite young soccer players (age, 16-21 years) ( $p < 0,05$ ) after 8 weeks of plyometric



training. In the same way, Suárez-Arrones et al., (2018b), showed a significant decrease in % FM ( $ES = -0,99 \pm 0,54$ ) after 2 inertial eccentric-overload training sessions a week during a season in young soccer ( $17,5 \pm 0,8$  years).

We must bear in mind the young soccer players demonstrate a lack of maturational and sporting development, which according to the evidence makes them less physically fit to face the physical demands typical of professional football (Jorquera-Aguilera, Rodríguez-Rodríguez, Torrealba-Vieira & Barraza-Gómez, 2012). Perroni, Vetrano, Camolese, Guidetti & Baldari, (2015), demonstrated that with higher of LM, they allow the player to avoid traumatic injuries derived from contact. With respect to LM, the SLSTP loading showed significant improvements ( $p < 0,001$ ) in all groups (U16, U17, U18 and U19 respectively), confirming our second hypothesis. This coincides with the proposed by Milsom et al., (2015), which suggested that training should be more focused on the gain of LM and not the reduction of FM. So, all players have developed this increase in LM through the training process. Our results are in agreement with Pérez-Gómez et al., (2008), where they analyzed the effects of a ST program consisting of weight lifting combined with plyometric exercises followed a periodised 6 weeks with 3 sessions/week in U16 soccer players. Training resulted in an enlargement in lower limb LM ( $9,3 \pm 0,3$  and  $9,7 \pm 0,3$ ,  $p < 0,05$ ), which was significantly greater than the small increase observed in the control group. Suárez-Arrones et al., (2018b), also showed an increased during the competitive season in FM ( $2,5 \pm 0,8\%$ ,  $ES = 0,25 \pm 0,09$ ) after ST.

Established scientific organizations recommend ST program for young people to enhance muscular strength, prevent sport injuries, improve performance in sports and recreational activities, and affect health and lifestyle in a positive way (Christou et al., 2016). In addition, this study can be part of the growing body of knowledge that shows significant improvements in children and adolescents on the improvement of their BC after the progressive participation in ST programs (Peña et al., 2016). Several limitations should be mentioned in this study. As in some studies conducted

on high level athletes, this research was limited by the absence of a control group (Iacono, Eliakim & Meckel, 2015). Although the use of BIA for BF estimation is ineffective (Urrejola, Hodgson, Isabel, Icaza & Gloria, 2001), is a widely used method for estimating BC (García-Soidán et al., 2014; Serrano et al., 2007), besides being a simple technique, fast and with great acceptability in children (Houtkooper, Lohman, Going & Howell, 1996; Urrejola et al., 2001). Another limitation was no nutritional guidelines were marked for the players during the study. Due to the scarce existing bibliography, it would be interesting more research on the effects that SLSTP on neuromuscular performance, biological maturation, BC and anthropometric characteristics, in young and adult athletes.

## CONCLUSIONS

In conclusion, the present ST method used in this study seem to be valid and effective to improve changes at the neuromuscular level of the lower limbs and modification of BC in young soccer players. We must bear in mind that young footballers show a lack of maturational development, even so, it is an effective methodology for the development of LM in all categories so it should be implemented from an early age as an effective method of muscle development and get better future adaptations to ST. Therefore, it should be considered during the prescription of ST by coaches and fitness coaches of any sport modality.

## REFERENCES

1. Almainan, A. A. (2018). Effect of testosterone boosters on body functions: Case report. *International Journal of Health Sciences*, 12(2), 86-90.
2. Arriscado, D., & Martínez, J. A. (2017). Entrenamiento de la fuerza explosiva en jugadores de fútbol juvenil. *Journal of Sport & Health Research*, 9(3), 329-338.
3. Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015a). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574-1579.



4. Balsalobre-Fernández, C., Nevado-Garrosa, F., del Campo-Vecino, J., & Ganancias-Gómez, P. (2015b). Repetición de esprints y salto vertical en jugadores jóvenes de baloncesto y fútbol de élite. *Apunts. Educación Física y Deportes*, (120), 52-57.
5. Barjaste, A., & Mirzaei, B. (2018). The periodization of resistance training in soccer players: changes in maximal strength, lower extremity power, body composition and muscle volume. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(9), 1218-1225.
6. Bogdanis, G. C., Papaspyrou, A., Souglis, A. G., Theos, A., Sotiropoulos, A., & Maridaki, M. (2011). Effects of two different half-squat training programs on fatigue during repeated cycling sprints in soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1849-1856.
7. Bridgeman, L. A., McGuigan, M. R., Gill, N. D., & Dulson, D. K. (2018). Relationships between concentric and eccentric strength and countermovement jump performance in resistance trained men. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(1), 255-260.
8. Bunc, V., Hráský, P., & Skalská, M. (2015). Changes in body composition, during the season, in highly trained soccer players. *Open Sports Sciences Journal*, 8(1), 18-24.
9. Castiblanco, K.D., & Suárez, S.S. (2013). Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento sobre las manifestaciones de la fuerza (fuerza reactiva), en mujeres universitarias. *Actividad Física y Desarrollo Humano*, 4(1), 52-58.
10. Castrillón, F. J., Torres-Luque, G., & de León, F. P. (2009). Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal y la fuerza máxima en jóvenes entrenados. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 44(164), 156-162.
11. Castro-Piñero, J., Ortega, F. B., Artero, E. G., Girela-Rejón, M. J., Mora, J., Sjöström, M., & Ruiz, J. R. (2010). Assessing Muscular Strength in Youth: Usefulness of Standing Long Jump as a General Index of Muscular Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1810-1817.
12. Chelly, M. S., Fathloun, M., Cherif, N., Amar, M. B., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2241-2249.
13. Christou, M., Smilios, I., Sotiropoulos, K., Volaklis, K., Pilianidis, T., & Tokmakidis, S. P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 783-791.
14. Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155.
15. Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 173-177.
16. Di Giminiani, R., & Visca, C. (2017). Explosive strength and endurance adaptations in young elite soccer players during two soccer seasons. *PloS One*, 12(2), e0171734.
17. De Hoyo, M., Gonzalo-Skok, O., Sañudo, B., Carrascal, C., Plaza-Armas, J. R., Camacho-Candil, F., & Otero-Esquina, C. (2016). Comparative effects of in-season full-back squat, resisted sprint training, and plyometric training on explosive performance in U-19 elite soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 368-377.
18. Faigenbaum, A. D., & Myer, G. D. (2010). Pediatric resistance training: benefits,





- concerns, and program design considerations. *Current Sports Medicine Reports*, 9(3), 161-168.
19. Falces-Prieto, M. (2017). Influencia del entrenamiento sobre los indicadores de composición corporal en un centro de alto rendimiento en de fútbol. *Abfutbol*, (86), 33-45.
  20. Fassini, P. G., Nicoletti, C. F., Pfrimer, K., Nonino, C. B., Marchini, J. S., & Ferriolli, E. (2017). Bioelectrical impedance vector analysis as a useful predictor of nutritional status in patients with short bowel syndrome. *Clinical Nutrition*, 36(4), 1117-1121.
  21. García-Soidán, J. L., López-Pazos, J., Ogando-Berea, H., Fernández-Balea, A., Padrón-Cabo, A., & Prieto-Troncoso, J. (2014). Utilidad de la cineantropometría y la bioimpedancia para orientar la composición corporal y los hábitos de los futbolistas. *RETOS: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (25), 117-119.
  22. Haghighi, A., Moghadasi, M., Nikseresht, A., Torkfar, A., & Haghighi, M. (2012). Effects of plyometric versus resistance training on sprint and skill performance in young soccer players. *European Journal of Experimental Biology*, 2(6), 2348-2351.
  23. Hammami, M., Negra, Y., Shephard, R. J., & Chelly, M. S. (2017). The effect of standard strength vs. contrast strength training on the Development of sprint, agility, repeated change of direction, and jump in junior male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 901-912.
  24. Harrison, J. S. (2010). Bodyweight training: A return to basics. *Strength & Conditioning Journal*, 32(2), 52-55.
  25. Houtkooper, L. B., Lohman, T. G., Going, S. B., & Howell, W. H. (1996). Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 436S-448S.
  26. Iacono, A. D., Eliakim, A., & Meckel, Y. (2015). Improving fitness of elite handball players: Small-sided games vs. high-intensity intermittent training. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(3), 835-843.
  27. Jorquera-Aguilera, C., Rodríguez-Rodríguez, F., Torrealba-Vieira, M. I., & Barraza-Gómez, F. (2012). Composición corporal y somatotipo de futbolistas chilenos juveniles sub 16 y sub 17. *International Journal of Morphology*, 30(1), 247-252.
  28. Kalapotharakos, V. I., Strimpakos, N., Vithoulka, I., & Karvounidis, C. (2006). Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(4), 515-9.
  29. Kanda, K., Yoda, T., Suzuki, H., Okabe, Y., Mori, Y., Yamasaki, K., ... & Hirao, T. (2018). Effects of low-intensity bodyweight training with slow movement on motor function in frail elderly patients: a prospective observational study. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 23(4), 1-8.
  30. Klika, B., & Jordan, C. (2013). High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 17(3), 8-13.
  31. Lago-Peñas, C., Rey, E., Lago-Ballesteros, J., Casáis, L., & Domínguez, E. (2011). The influence of a congested calendar on physical performance in elite soccer. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2111-2117.
  32. Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football




- (soccer) players 13–15 years. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5-6), 555-562.
33. McMahon, J. J., Jones, P. A., Suchomel, T. J., Lake, J., & Comfort, P. (2017). Influence of the Reactive Strength Index Modified on Force–and Power–Time Curves. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 220-227.
  34. Michailidis, Y., Fatouros, I. G., Primpa, E., Michailidis, C., Avloniti, A., Chatzinikolaou, A., ... & Leontsini, D. (2013). Plyometrics' trainability in preadolescent soccer athletes. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 38-49.
  35. Milsom, J., Naughton, R., O'Boyle, A., Iqbal, Z., Morgans, R., Drust, B., & Morton, J. P. (2015). Body composition assessment of English Premier League soccer players: a comparative DXA analysis of first team, U21 and U18 squads. *Journal of Sports Sciences*, 33(17), 1799-1806.
  36. Muñoz, S. P., Muñoz, A. S., Cayetano, A. R., Calle, R. C., Blanco, J. M. F., Ramos, J. M. D. M., & Cuadrado, R. M. (2018). Efecto agudo del chaleco lastrado sobre la condición física del portero de fútbol. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 4(2), 269-287.
  37. Navarro, P., & Javier, F. (2007). El entrenamiento de la fuerza en niños y jóvenes. Aplicación al rendimiento deportivo. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2(1), 1-9.
  38. Otero-Esquina, C., De Hoyo, M., Gonzalo-Skok, Ó., Domínguez-Cobo, S., & Sánchez, H. (2017). Is strength-training frequency a key factor to develop performance adaptations in young elite soccer players?. *European Journal of Sport Science*, 17(10), 1241-1251.
  39. Peña, G., Heredia, J. R., Lloret, C., Martín, M., & Da Silva-Grigoletto, M. E. (2016). Iniciación al entrenamiento de fuerza en edades tempranas: revisión. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(1), 41-49.
  40. Pérez-Gómez, J., Olmedillas, H., Delgado-Guerra, S., Royo, I. A., Vicente-Rodríguez, G., Ortiz, R. A., ... & Calbet, J. A. (2008). Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(3), 501-510.
  41. Perroni, F., Vetrano, M., Camolese, G., Guidetti, L., & Baldari, C. (2015). Anthropometric and somatotype characteristics of young soccer players: Differences among categories, subcategories, and playing position. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2097-2104.
  42. Raya-González, J., & Sánchez-Sánchez, J. (2018). Métodos de entrenamiento de la fuerza para la mejora de las acciones en el fútbol. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 2(132), 72-93.
  43. Romero-Boza, S., Feria-Madueño, A., Sañudo-Corrales, B., De Hoyo, M., & Del Ojo-López, J. J. (2014). Efectos de entrenamiento de fuerza en sistema isoinercial sobre la mejora del CMJ en jóvenes futbolistas de elite. *RETOS: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (26), 180-182.
  44. Sáez de Villarreal, E., Suárez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G.G., Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1894-1903.
  45. Serrano, M. M., Beneit, M. S., Santurino, M. M., Armesilla, M. C., de Espinosa, M. G. M., & del Cerro, J. P. (2007). Técnicas analíticas en el estudio de la composición corporal.



- Antropometría frente a sistemas de bioimpedancia bipolar y tetrapolar. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 27(3), 11-19.
46. Silva, J. R., Nassis, G. P., & Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine-Open*, 1(1), 1-27.
  47. Suárez-Arrones, L., Lara-Lopez, P., Torreño, N., Sáez de Villarreal, E., Di Salvo, V., & Méndez-Villanueva, A. (2019). Effects of Strength Training on Body Composition in Young Male Professional Soccer Players. *Sports*, 7(5), 104.
  48. Suárez-Arrones, L., Petri, C., Maldonado, R. A., Torreño, N., Munguía-Izquierdo, D., Di Salvo, V., & Méndez-Villanueva, A. (2018). Body fat assessment in elite soccer players: cross-validation of different field methods. *Science and Medicine in Football*, 2(3), 203-208.
  49. Suárez-Arrones, L., Sáez de Villarreal, E., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., ... & Méndez-Villanueva, A. (2018). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PloS One*, 13(10), e0205332.
  50. Tanner, J. M., Whitehouse, R. H., & Takaishi, M. (1966). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. II. *Archives of Disease in Childhood*, 41(220), 613-635.
  51. Thomas, K., French, D., & Hayes, P. R. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 332-335.
  52. Tsuzuku, S., Kajioka, T., Endo, H., Abbott, R. D., Curb, J. D., & Yano, K. (2007). Favorable effects of non-instrumental resistance training on fat distribution and metabolic profiles in healthy elderly people. *European Journal of Applied Physiology*, 99(5), 549-555.
  53. Urrejola, N., Hodgson, B., Isabel, M., Icaza, N., & Gloria, M. (2001). Evaluación de la composición corporal en niñas usando impedanciometría bioeléctrica y pliegues subcutáneos. *Revista Chilena de Pediatría*, 72(1), 26-33.
  54. Watanabe, Y., Tanimoto, M., Oba, N., Sanada, K., Miyachi, M., & Ishii, N. (2015). Effect of resistance training using bodyweight in the elderly: Comparison of resistance exercise movement between slow and normal speed movement. *Geriatrics & Gerontology International*, 15(12), 1270-1277.
  55. Wong, P. L., Chaouachi, A., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2010). Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 653-660.







En la actualidad, el fútbol es uno de los deportes con mayor campo de investigación científica. En los últimos tiempos, el entrenamiento de la fuerza ha adquirido un papel fundamental en la planificación y programación del entrenamiento en fútbol, ya que, influye de forma positiva en la mejora de las demás cualidades y, por tanto, en un mayor rendimiento del deportista. Sin embargo, aún existe mucha controversia sobre el desarrollo de trabajos de fuerza en jugadores jóvenes de fútbol y su posible interferencia con otras cualidades físicas y/o antropométricas.

El objetivo de esta tesis doctoral, fue comparar los efectos que producen dos tratamientos de fuerza diferentes, sobre la capacidad de salto, el consumo máximo de oxígeno y la composición corporal, en jugadores jóvenes de fútbol durante una temporada, atendiendo a la categoría (cadete/juvenil) y la demarcación específica (portero, defensa central, lateral, centrocampista, extremo y delantero). Los tratamientos de fuerza fueron: 1. Grupo de fuerza con autocargas (GAUT) y 2. Grupo de fuerza con sobrecargas (GSOB).

Después de 37 semanas, con un total de 74 sesiones de entrenamiento de fuerza, se produjeron mejoras significativas sobre la capacidad de salto (17.54 % GAUT; 16.54 % GSOB) y sobre el consumo máximo de oxígeno (7.58 % GAUT; 6.69 % GSOB). Además, se produjeron descensos del % graso (13.94 %), aumentos significativos desde el 0.5 al 1.84 % en la variable altura (cm) y aumentos en la masa muscular (Kg) (8.30 % GAUT; 4.81 % GSOB), en ambas categorías.

Podemos concluir que las diferentes metodologías de entrenamiento de fuerza utilizadas, hicieron mejorar de manera significativa las variables de rendimiento estudiadas. Así pues, podemos indicar que tanto el tratamiento de fuerza con autocargas como el de sobrecargas, son métodos de entrenamiento válidos y óptimos para producir cambios a niveles neuromusculares, cardiorrespiratorios y antropométricos. Por último, se recomienda tanto a los entrenadores y/o preparadores físicos, que implementar un programa de entrenamiento de fuerza durante la temporada en jugadores jóvenes de fútbol, es efectivo para mejorar el rendimiento de sus jugadores.